







UNIVERSIDAD de VALLADOLID



ESCUELA de INGENIERÍAS INDUSTRIALES

**INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL, ESPECIALIDAD EN MECÁNICA**

**PROYECTO FIN DE CARRERA**

**DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA  
ALIMENTACIÓN DE UN PROCESO DE  
TROQUELADO Y EMBUTICIÓN**

**Autor:**

**Santos Aberturas, Alfonso**

**Tutor:**

**Peña García, José Ángel**

**Depto. Ciencia de los Materiales  
en Ingeniería Metalúrgica,  
Expresión Gráfica en la Ingeniería,  
Ingeniería Cartográfica, Geodesia y  
Fotogrametría, Ingeniería  
Mecánica e Ingeniería de los  
Procesos de Fabricación.**

JULIO – 2012

**Agradecimientos:**

***A mis padres y a mi hermano, por su apoyo incondicional, a mi tutor José Ángel Peña por darme esta oportunidad y a todos los que han compartido este tiempo conmigo.***

**Gracias a todos.**





# ÍNDICE

1. MEMORIA DESCRIPTIVA .....	- 1 -
1.1 INTRODUCCIÓN .....	- 1 -
1.2 OBJETIVO DEL PROYECTO .....	- 1 -
1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	- 1 -
1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA .....	- 2 -
1.5 ALCANCE DEL PROYECTO .....	- 9 -
1.6 NORMAS Y REFERENCIAS .....	- 9 -
1.6.1 NORMATIVA APLICADA .....	- 10 -
1.6.2 BIBLIOGRAFÍA .....	- 11 -
1.7 REQUERIMIENTOS DEL PROYECTO .....	- 13 -
1.7.1 REQUERIMIENTOS TÉCNICOS Y DE DISEÑO .....	- 13 -
1.7.2 REQUERIMIENTOS DEL DISEÑO MECÁNICO.....	- 13 -
1.8 MATERIALES Y TRATAMIENTOS UTILIZADOS .....	- 14 -
1.8.1 ALEACIONES DE ALUMINIO (UNE 38350:2001, UNE L-3441 y UNE L-3453).....	- 14 -
1.8.2 ACERO (UNE-EN 10025:2006 y UNE-EN 10278:2000).....	- 15 -
1.8.3 TRATAMIENTOS UTILIZADOS Y CARACTERÍSTICAS.....	- 16 -
1.9 PROGRAMA INFORMÁTICO UTILIZADO .....	- 17 -
1.9.1 Pro/ENGINEER Wildfire 5.0.....	- 17 -
1.9.2 SolidWorks 2012.....	- 18 -
1.10 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO Y JUSTIFICACIÓN.....	- 18 -
1.10.1 SOPORTE PRINCIPAL (#001) .....	- 19 -
1.10.2 SOPORTE SECUNDARIO (#002).....	- 22 -
1.10.3 BRAZO IZQUIERDO (#003) Y BRAZO DERECHO (#004).....	- 24 -
1.10.4 CONECTOR (#005) .....	- 27 -
1.10.5 TOPE DEL EJE (#006).....	- 29 -
1.10.6 TUBO (#007).....	- 30 -
1.10.7 EJE 2 (#008) .....	- 31 -
1.10.8 EJE 3 (#009) .....	- 34 -
1.10.9 SOPORTE DE GIRO (#010) .....	- 35 -
1.10.10 EL INMOVILIZADOR 1 (#011).....	- 36 -





**PROYECTO DE FIN DE CARRERA:  
"DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE  
TROQUELADO Y EMBUTICIÓN"**

1.10.11 TRIÁNGULO (#012) .....	- 38 -
1.10.12 TUBO CORTO (#013).....	- 40 -
1.10.13 EJE PEQUEÑO (#014) .....	- 41 -
1.10.14 EJE 1 (#015).....	- 42 -
1.10.15 TOPE DE TRIÁNGULO (#016).....	- 43 -
1.10.16 INMOVILIZADOR 2 (#017).....	- 44 -
1.10.17 TUBO LARGO (#018).....	- 46 -
1.10.18 SOPORTE DEL SISTEMA DE VACÍO (#019).....	- 47 -
1.10.19 MECANISMO DE PARALELOGRAMOS .....	- 48 -
1.10.20 RODAMIENTO DE BOLAS CON CONTACTO ANGULAR .....	- 50 -
1.10.21 PERFILES PARA ESTRUCTURA.....	- 51 -
1.10.22 SERVOMOTOR.....	- 53 -
1.10.23 CABEZA DE RÓTULA Y CONTRATUERCA .....	- 59 -
1.10.25 SISTEMA DE VACIO.....	- 61 -
1.10.26 ELEMENTOS DE FIJACIÓN .....	- 61 -
1.11 FUNCIONAMIENTO.....	- 64 -
1.12 ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD .....	- 65 -
1.12.1 INFORMACIÓN GENERAL .....	- 65 -
1.12.2 NORMAS DE SEGURIDAD APLICABLES:.....	- 67 -
1.12.3 NORMAS DE SEGURIDAD DE MÁQUINAS.....	- 68 -
1.12.4 OBLIGACIONES .....	- 69 -
1.12.5 IDENTIFICACIÓN DE LA MÁQUINA E INSTRUCCIONES DE USO .....	- 73 -
1.12.6 INSTALACIÓN Y PUESTA EN SERVICIO .....	- 74 -
1.12.7 INSPECCIONES Y REVISIONES PERIÓDICAS .....	- 74 -
1.12.8 REGLAS GENERALES DE SEGURIDAD .....	- 75 -
1.12.9 ACCIDENTES.....	- 85 -
1.12.10 INSPECCIONES, INFRACCIONES Y SANCIONES .....	- 85 -
1.12.11 GARANTÍA Y RESPONSABILIDAD .....	- 87 -
1.12.12 BOTIQUÍN – CENTRO MÉDICO.....	- 88 -
1.12.13 LIMPIEZA DE LAS INSTALACIONES.....	- 88 -
1.12.14 LIBRO DE INCIDENCIAS.....	- 89 -
1.12.15.1 FABRICACIÓN Y MONTAJE DE PIEZAS .....	- 90 -

1.12.16 DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD QUE SE DEBEN APLICAR.....	- 110 -
2. CÁLCULOS.....	111
2.1 CÁLCULOS CINEMÁTICOS.....	111
2.1.1 MODELADO MATEMÁTICO (CINEMÁTICA INVERSA).....	111
2.1.2 ANÁLISIS DE VELOCIDAD.....	114
2.1.3 ANÁLISIS DE ACELERACIÓN.....	116
2.2 CÁLCULOS DINÁMICOS.....	121
2.2.1 CÁLCULO DE LAS FUERZAS Y MOMENTO INERCIALES.....	121
2.2.2 CÁLCULOS DE LOS DESPLAZAMIENTOS VIRTUALES DE LAS CONEXIONES.....	122
2.2.3 CÁLCULO DE LAS FUERZAS Y PARES APLICADOS.....	125
2.3 CÁLCULO DE RESISTENCIAS EN FATIGA.....	125
2.3.1 CONCLUSIONES:.....	134
3. PLANOS.....	135
4. PLIEGO DE CONDICIONES.....	136
4.1 CAPÍTULO 1: CONDICIONES GENERALES.....	136
4.1.1 DISPOSICIONES GENERALES.....	136
4.1.2 DISPOSICIONES FACULTATIVAS O LEGALES:.....	137
4.1.3 CONDICIONES ECONÓMICAS.....	153
4.2 CAPÍTULO 2: CONDICIONES TÉCNICAS.....	171
4.2.1 PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE TÉCNICA.....	171
5. PRESUPUESTO.....	185
5.1 INTRODUCCIÓN.....	185
5.2 PRESUPUESTO GENERAL DE MATERIALES Y COMPONENTES.....	185
5.2.1 MATERIALES ESTRUCTURALES.....	185
5.2.2 COMPONENTES COMPRADOS.....	186
5.3 PRESUPUESTO GENERAL DE TRABAJOS.....	186
5.4 PRESUPUESTO FINAL.....	186
ANEXO 1: PLANOS.....	192



**PROYECTO DE FIN DE CARRERA:  
"DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE  
TROQUELADO Y EMBUTICIÓN"**





## 1. MEMORIA DESCRIPTIVA

### 1.1 INTRODUCCIÓN

El presente proyecto titulado "DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE TROQUELADO Y EMBUTICIÓN" ha sido realizado por D. Alfonso Santos Aberturas con la colaboración de D. José Ángel Peña García, profesor de la Universidad de Valladolid en la Escuela de Ingenierías Industriales.

### 1.2 OBJETIVO DEL PROYECTO

Los objetivos del presente proyecto son:

- Diseñar un robot paralelo Delta 2 para la alimentación de un troquel y una embudidora con pletinas de aluminio.
- El diseño debe poder ser fabricado en un taller externo con un número y tipo limitado de máquinas.

Debido a la versatilidad de este tipo de robots se diseñará de tal forma que con pequeñas modificaciones pueda ser utilizado para diversas operaciones por el cliente.

### 1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El cliente pidió que se automatizase el proceso de alimentación de una embudidora con troquel con pletinas cuadradas de aluminio de 100 mm de lado y 1 mm de espesor mediante un robot.

Nos indicaba una distancia entre la línea de alimentación de la embudidora y el punto donde terminaban las pilas de pletinas de 950 mm con un espacio a su alrededor de varios metros. Sobre la zona de trabajo había 3 metros de altura sin obstáculos.

El proyecto realizado atiende a una serie de requisitos expuestos por parte del cliente, y son los siguientes:

- Rapidez en el sistema de alimentación.
- Posibilidad de modificación para otro tipo de alimentación (además de pletinas).
- Sistema de elevada precisión en su posicionamiento.

#### 1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

Dado que el espacio alrededor de las líneas de alimentación no eran un problema y la altura para operar sobre ellas tampoco, la solución se debía ajustar a la distancia entre punto de operación y los requisitos exigidos por el cliente.

Dado que la manera de automatizar esta alimentación era un robot aparecieron dos opciones: Un robot serie (Opción A) o un robot paralelo (Opción B).

**Opción A:** Los robots serie son de lejos los robots industriales más empleados actualmente. Normalmente su estructura tiene forma de brazo mecánico uniendo cada eslabón por medio de articulaciones que se asemejan a hombro, codo y muñeca de un brazo humano.

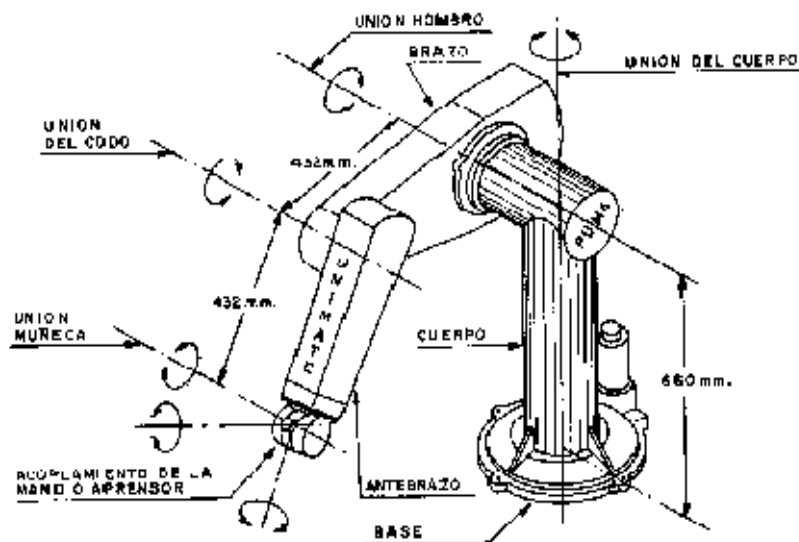


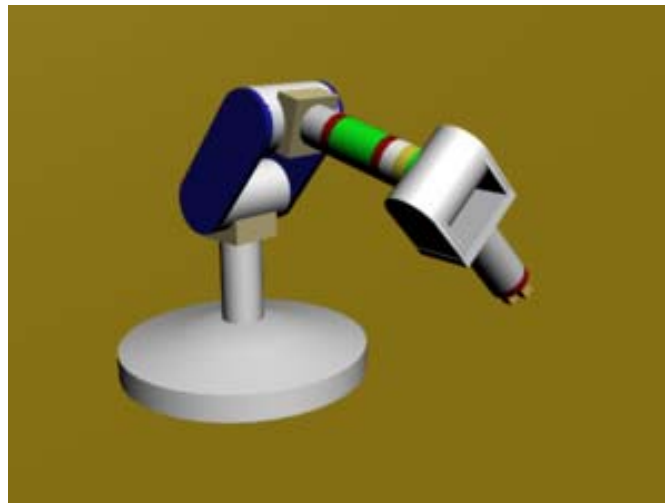
Figura 1: Esquema de un robot serie.



**PROYECTO DE FIN DE CARRERA:  
"DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE  
TROQUELADO Y EMBUTICIÓN"**

Se sabe que se requiere de al menos seis grados de libertad para colocar un objeto desde una posición arbitraria a otra en otro punto del campo de acción del manipulador, asique este tipo de robot consta normalmente de una base para sujetarse a una plataforma rígida (bancada), como el suelo, un cuerpo donde se suele incorporar la mayor parte del hardware interno que lo hará funcionar (circuitos, placas impresas,...), un brazo para permitir un gran movimiento en 3 dimensiones y un antebrazo para hacer también movimientos en 3 dimensiones aunque muy pequeños y de mucha precisión, tal que puede llegar a los nanómetros, unidos todos mediante pares giratorios, los cuales solo permiten un grado de libertad.

La figura siguiente muestra un manipulador serie tipo, de 7 grados de libertad, formado por 6 eslabones y unidos mediante 4 pares que restringen 2 grados de libertad cada uno.



**Figura 2: Robot serie.**

Un robot serie consiste en la asociación de varios elementos mecánicos unidos a través de articulaciones y mediante los cuales, es capaz de realizar operaciones de manipulación o traslado de elementos entre otros, dentro del campo de acción de dicho robot. Este campo de acción consiste en el conjunto de puntos del espacio donde el robot puede alcanzar con el elemento terminal o herramienta, es decir, el conjunto de puntos accesibles al manipulador, para realizar la operación encomendada. El ejemplo más representativo de este tipo de robots es el PUMA UNIMATE que se puede ver en la figura 8.

El estudio del movimiento del robot se realiza mediante la relación de los eslabones que componen el brazo y los ángulos que se forman en las

articulaciones, en otras palabras, mediante un análisis geométrico de las posiciones relativas de los elementos mecánicos que lo componen.

Gracias a los estudios de Donald C. Pieper sobre este contexto y a su estructura cinemática 321 o también llamada cinemática inversa (a partir del punto del campo de acción en el que se pretende trabajar, se determina la posición y orientación del brazo), se sabe que los manipuladores serie con 6 articulaciones de revolución, y con tres juntas consecutivas de intersección, se pueden resolver en forma cerrada, es decir, de forma analítica; a través de un conjunto de ecuaciones, es posible describir la colocación más común en la que situar el extremo del brazo en una posición y orientación determinada. Un brazo que no siga el patrón de diseño especificado antes, requerirá de un algoritmo iterativo para resolver el problema de la cinemática inversa.

Para resolver el problema geométrico también se emplea un método directo, en el que conocidos los ángulos entre elementos de las diferentes articulaciones, como también son conocidas las dimensiones de los eslabones, se determina la posición final que va a adoptar la herramienta después de construir las correspondientes matrices de transformación.

Por último, dependiendo del tipo de generación que represente al robot del que estemos hablando, su funcionamiento se podrá desviar en algún aspecto.

El funcionamiento para un robot que consta de controlador, manipulador o brazo mecánico, elemento terminal y sensores es el siguiente:

- El controlador es la CPU que gobierna el funcionamiento de los elementos mecánicos, y adapta los movimientos de dichos elementos a las tareas a efectuar y al medio en el que se encuentra. Dicho controlador va a recibir datos del medio y otros, y se debe autoajustar para realizar la tarea.
- El brazo mecánico es el que ejecuta las tareas programadas, sean fijas o variables, ordenadas por el controlador. Serán fijas, cuando dichas tareas no se modifiquen de las programadas inicialmente, y variables cuando el robot se adapte a las circunstancias que le rodean.
- El elemento terminal, será el que realmente se encargue de la realización de la tarea encomendada, y su posición estará determinada como se ha expuesto anteriormente.
- Los sensores se emplearán en robots que tienen la capacidad de relacionarse con el mundo exterior en tiempo real, con el fin de



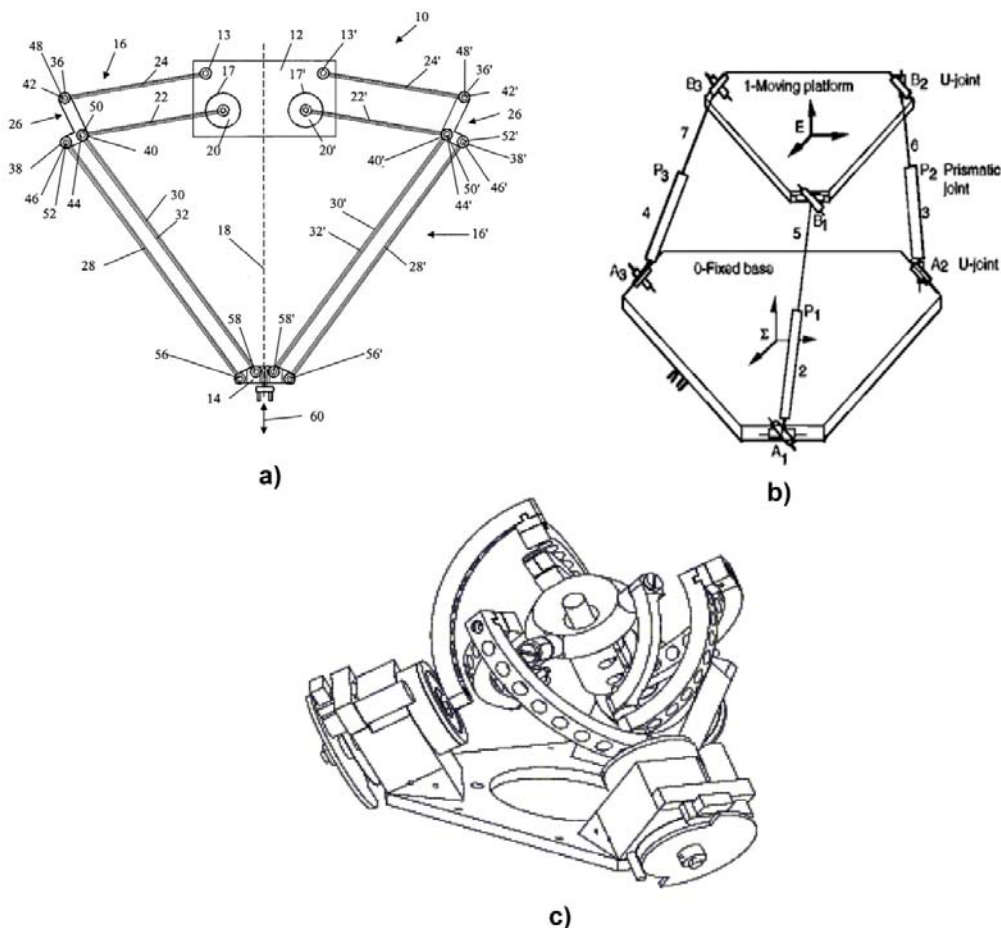


**PROYECTO DE FIN DE CARRERA:**  
**“DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE TROQUELADO Y EMBUTICIÓN”**

obtener soluciones específicas a las circunstancias exteriores que los rodean.

**Opción B:** Un robot paralelo, o manipulador paralelo, está constituido por una o más cadenas cinemáticas cerradas, la cuales están compuestas por eslabones en serie que conectan un soporte fijo (“soporte principal” en este proyecto) a un soporte móvil (“soporte del sistema de vacío” en este proyecto) donde se encontrará el efector final.

Como se aprecia en la figura 2 pueden ser de tres tipos: a) planos, b) espaciales o c) esféricos.



**Figura 3: a) plano, b) espacial y c) esférico.**

Este tipo de manipuladores tiene grandes ventajas sobre los manipuladores en serie, destacando los siguientes: estabilidad y precisión superior, menor peso, capacidad para elevar cargas relativamente elevadas y

velocidades y aceleraciones superiores. Su principal desventaja es la reducida área de trabajo donde puede operar.

La distinción “paralelo”, como oposición a los manipuladores en “serie”, resulta de que el efector final (o “mano”) de este conjunto de conexiones (o “brazo”) está conectado al soporte móvil por un grupo de “brazos” que trabajan en paralelo. “Paralelo” es utilizado, por tanto, aquí con un sentido más topológico que geométrico. Estos brazos actuarán conjuntamente, pero eso no implica que estén alineados como segmentos paralelos.

La mayoría de las aplicaciones realizadas mediante robots requieren rigidez. En los robots en serie esto se consigue mediante el uso de juntas rotativas de alta calidad (permitiendo el movimiento en un único eje). Cualquier junta que permite un movimiento debe también controlar este movimiento mediante un actuador. Un movimiento que requiere varios ejes también requerirá varias juntas y varios actuadores. Si en una de estas juntas aparece un juego o una flexibilidad no deseada causará un error en el posicionamiento del brazo, sin posibilidad de reforzar la posición teórica de ese brazo mediante otro elemento. La inevitable histéresis y la flexibilidad se acumulan a lo largo de la cadena cinemática. Un compromiso entre precisión, complejidad y el coste de estas juntas es la solución para obtener un brazo preciso.

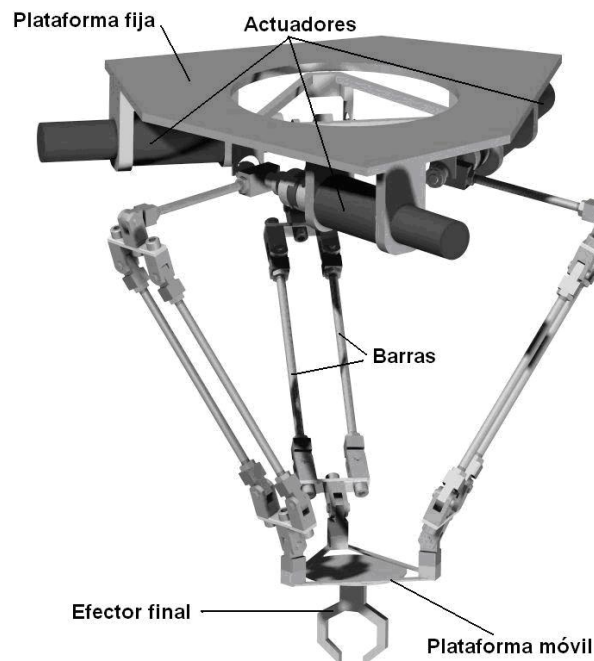


Figura 4: Robot paralelo espacial.



**PROYECTO DE FIN DE CARRERA:  
"DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE  
TROQUELADO Y EMBUTICIÓN"**

Los robots paralelos toman un aproximamiento alternativo al problema. Cada cadena es normalmente corta, simple y puede, por lo tanto, ser rígida ante movimientos no deseados (en comparación con los brazos en serie). Los errores en el posicionamiento de una cadena son promediados en conjunto con las otras, en lugar de ser acumulados. Cada actuador debe moverse aún en su grado de libertad, como en un robot en serie, pero, en un robot paralelo, la flexibilidad de la junta fuera de su eje está también limitada por el efecto de otras cadenas. Es esta rigidez de cadena cerrada la que hace que los robots paralelos sean más rígidos a mayor número de eslabones mientras que los robots en serie son progresivamente menos rígidos a mayor número de componentes.

Los robots paralelos poseen actuadores montados en el soporte fijo o principal que mueven brazos ligeros y rígidos formando paralelogramos. Los efectores están montados entre las puntas de estos brazos en el soporte móvil. Las representaciones estáticas de un robot paralelo a menudo son similares a la de un conjunto de barras biarticuladas: los componentes solo soportan esfuerzos de tracción y compresión, sin ningún esfuerzo de flexión o torsión, lo que reduce nuevamente los efectos de cualquier flexibilidad fuera de los ejes de movimiento.

Otra ventaja de los manipuladores paralelos es que los pesadores actuadores o servomotores suelen ser montados en el soporte fijo permitiendo que los movimientos de los brazos tengan lugar mediante las uniones y su propia geometría. Esta reducción en masa a lo largo de los brazos permite aligerar la construcción, permitiendo robots más ligeros y movimientos más rápidos. Este posicionamiento de los elementos pesados del robot reducirá el momento de inercia másico del robot, siendo una ventaja en robots móviles.

La velocidad de actuación de los robots paralelos está normalmente limitada más por características de rigidez que por potencia del motor, por lo que pueden ser de elevada velocidad de actuación, en comparación con los manipuladores en serie.

En nuestro caso habría que concretar más a cerca del robot paralelo a utilizar en nuestra aplicación. Una buena opción sería el robot paralelo Delta 2 del que hablamos a continuación.

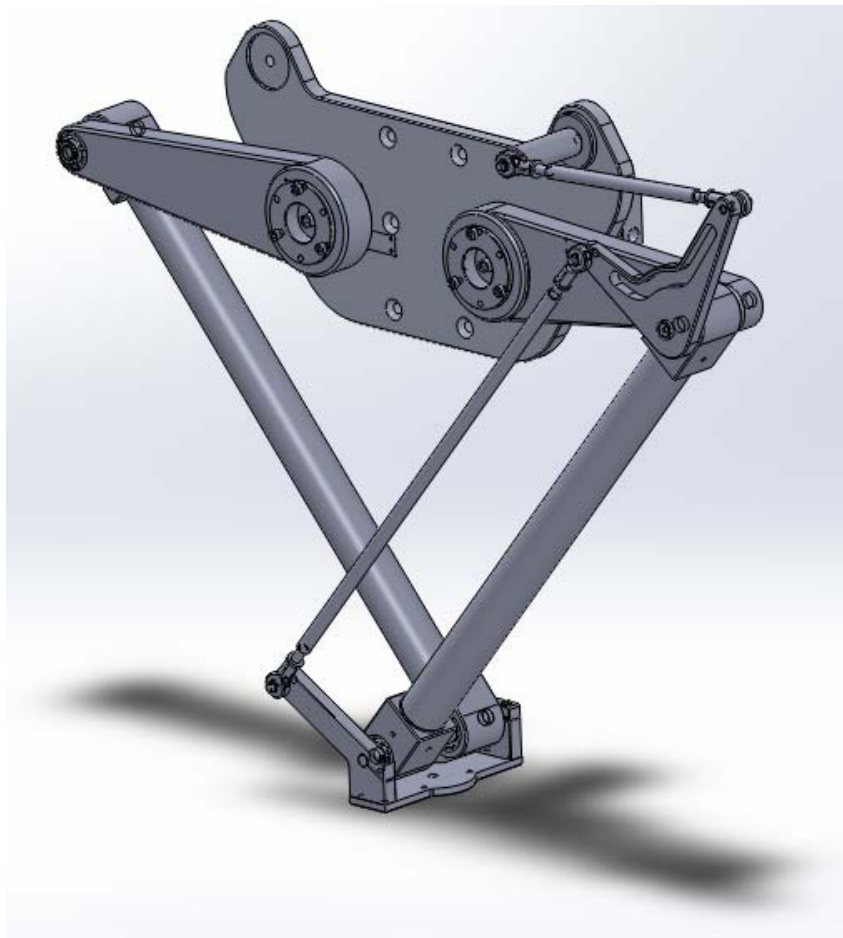
Un robot Delta 2 es un caso particular de un robot paralelo. Consiste en dos, tres o cuatro brazos conectados desde una base fija a una base móvil. La característica clave para el diseño es el uso de paralelogramos en los brazos ("mecanismo de paralelogramos" en este proyecto), que mantendrán la orientación del efector final, limitando su movimiento a meras translaciones (en las direcciones X e Y en nuestra versión de 2 brazos). Por contraste la

plataforma de Stewart (otro tipo de robot paralelo) tiene como función principal la orientación del efector.

La base o soporte principal del robot estará montada sobre el área de trabajo. Todos los actuadores o servomotores estarán emplazados en este soporte principal. Desde la base fija, los brazos, fabricados en materiales ligeros, se extienden en el plano vertical hasta llegar a la base móvil. Debido a que los brazos son muy ligeros y poseen una inercial reducida, estos robots son capaces de moverse con elevadísimas aceleraciones de hasta 30 g y velocidades de 10 m/s.

Los robots Delta tienen un uso bastante popular en las tareas de recogida y empaquetamiento debido a sus elevadas velocidades, llegando algunos de sus modelos a las 300 recogidas por minuto.

Nuestro caso será el de un robot Delta 2 con dos brazos (2 grados de libertad) sin necesidad de ningún sistema de rotación de la plancha recogida.



**Figura 5: Robot paralelo Delta 2**

Una vez planteados las dos opciones decidimos enfrentarlas antes de decidir.



**PROYECTO DE FIN DE CARRERA:  
"DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE  
TROQUELADO Y EMBUTICIÓN"**

Los robots tipo serie se vienen utilizando desde hace varias décadas en múltiples aplicaciones, siendo raro el proceso industrial automatizado en el que no se utilicen. La característica principal y que hace que estos robots sean los más utilizados es el rango de movimientos que permiten el desplazamiento y la manipulación de cargas a lo largo de todo el campo de acción del robot.

Las características de los robots paralelos frente a los robots tipo serie son: el inconveniente de un menor espacio de trabajo, mientras que la relación masa del robot frente a carga a soportar es mucho menor por lo que admiten mayores aceleraciones durante su movimiento, y por ello, mayores velocidades. También tienen mayor rigidez y precisión ya que soportan la carga por medio de varios brazos en paralelo.

Otra ventaja de los manipuladores paralelos es que los motores de los actuadores están instalados en la plataforma fija, y por ello, son fijos. En cambio en los robots tipo serie los motores de los actuadores están montados en las articulaciones de los diferentes eslabones que componen el robot, lo que hace que la mayor parte de los motores tengan ciertos desplazamientos aumentando las masas móviles y con ello las fuerzas de inercia y el riesgo de averías.

Debido a estas características de aceleración, velocidad, rigidez y precisión y puesto que el rango de movimientos no va a ser muy grande acabamos decidiéndonos por el robot paralelo Delta 2 como solución al problema del cliente.

## **1.5 ALCANCE DEL PROYECTO**

Este proyecto se encargará de diseñar el robot paralelo junto con indicar el montaje de las distintas partes. La fabricación de las partes se encargará a un taller externo y no será parte de este proyecto.

## **1.6 NORMAS Y REFERENCIAS**

En este apartado se tendrán en cuenta todas aquellas normas que se han aplicado a lo largo de la realización del proyecto como los recursos que se han utilizado para su ejecución y además se especificarán las referencias de recursos escritos y páginas Web necesarias para la materialización del proyecto.

Se dividirá en dos subapartados distintos: normativa aplicada y bibliografía.

### **1.6.1 NORMATIVA APLICADA**

Este apartado se centrará únicamente a hacer un listado de la normativa a aplicar en las distintas fases del proyecto. Los distintos subapartados son los correspondientes a la fase de diseño, a la fase de redacción del proyecto y a la fase de elaboración de planos.

No se entrará en la normativa que debe cumplir un taller de fabricación, o la normativa de seguridad que deben cumplir las máquinas utilizadas, ya que se supone que una vez se han realizado el diseño del robot se encargará la fabricación a un taller externo que será el responsable de aplicar la normativa correspondiente en su local. Si se incluirán las normativas de trabajo y seguridad para el montaje del robot y su utilización posterior.

Son las siguientes:

- UNE 1032- Dibujos técnicos. Principios generales de representación.
- UNE 1027- Dibujos técnicos. Plegado de planos.
- UNE 1035- Dibujos técnicos. Cuadro de rotulación.
- UNE 1039- Dibujos técnicos. Acotación.
- UNE 1135- Dibujos técnicos. Lista de elementos.
- UNE-EN ISO 5455- Dibujos técnicos. Escalas.
- UNE-EN ISO 5456-X- Dibujos técnicos. Métodos de proyección.
- UNE EN 22768-1:1993- Dibujo técnico. Tolerancias generales.
- UNE 38350:2001 Aluminio y aleaciones de aluminio. Serie 6000.
- UNE 10025:2006 Productos laminados en caliente de aceros para estructuras.
- UNE 23110/1996 Extintores portátiles de incendios.
- UNE 20324/1993 Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP)



**PROYECTO DE FIN DE CARRERA:  
“DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE  
TROQUELADO Y EMBUTICIÓN”**

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre Señalización de seguridad en el trabajo.
- Real Decreto 487/1.997 de 14 de abril, sobre Manipulación de cargas.
- Real Decreto 773/1.997 de 30 de mayo, sobre Utilización de Equipos de Protección Individual.
- Real Decreto 39/1.997 de 17 de enero, Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto 1215/1.997 de 18 de julio, sobre Utilización de Equipos de Trabajo.
- Real Decreto 1627/1.997 de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Real Decreto 1495/1986, de 26 de mayo, que es el Reglamento de Seguridad de las máquinas.
- Estatuto de los Trabajadores (Ley 8/1.980, Ley 32/1.984, Ley 11/1.994).
- Ordenanza de Trabajo de la Construcción, Vidrio y Cerámica (O.M. 28-8-70, O.M. 28-07-77, O.M. 4-07-83, en los títulos no derogados).
- 

### **1.6.2 BIBLIOGRAFÍA**

En este apartado se contemplará el conjunto de recursos informáticos, libros y páginas Web utilizadas para el desarrollo del proyecto.

- Recursos informáticos  
Pro/ENGINEER Wildfire 5.0 (actualmente “Creo Elements/Pro”)  
SolidWorks 2012

Microsoft Word

PDF Editor 3.0

- Recursos escritos

Pro/ENGINEER Handbook

Catálogo físico de SKF

Catálogo de materiales en diversos formatos

- Recursos Web:

[http://en.wikipedia.org/wiki/Delta\\_robot](http://en.wikipedia.org/wiki/Delta_robot)

[http://en.wikipedia.org/wiki/Stewart\\_platform](http://en.wikipedia.org/wiki/Stewart_platform)

<http://www.parallemic.org/>

<http://www.ent.mrt.ac.lk/iml/paperbase/TRO%20Collection/TRO/2005/august/13.pdf>

<http://www.iri.upc.edu/research/webprojects/cuikweb/Stewartgough/stewartgough.html>

<http://www.skf.com>

<http://www.traceparts.com/>

<http://www.mitcalc.com/doc/tolerances/help/en/tolerancestxt.htm>

[http://noticias.juridicas.com/base\\_datos/Derogadas/r0-rd1495-1986.html#a7](http://noticias.juridicas.com/base_datos/Derogadas/r0-rd1495-1986.html#a7)

<http://www.wittenstein-us.com/>

<http://www.kollmorgen.com>

[http://www.prevaliacgp.com/docs/FolletoDivulgativo\\_asepmo.pdf](http://www.prevaliacgp.com/docs/FolletoDivulgativo_asepmo.pdf)

<http://en.wikipedia.org/wiki/Polycarbonate>

<http://www.hydro.com/upload/Documents/Tonder/uk.pdf>

[http://en.wikipedia.org/wiki/Aluminium\\_alloy](http://en.wikipedia.org/wiki/Aluminium_alloy)

[http://en.wikipedia.org/wiki/Parallel\\_manipulator](http://en.wikipedia.org/wiki/Parallel_manipulator)





**PROYECTO DE FIN DE CARRERA:  
"DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE  
TROQUELADO Y EMBUTICIÓN"**

<http://www.sapagroup.com/pages/20355/Sapa%20Profiles%20Navarra.%20Datos%20t%C3%A9cnicos%20aleaciones.pdf>

<http://www.trafileriamauri.com/allegati/prodotti/en/S235JRC.pdf>

[http://somim.org.mx/conference\\_proceedings/pdfs/A12/A12\\_576.pdf](http://somim.org.mx/conference_proceedings/pdfs/A12/A12_576.pdf)

[http://robot.gmc.ulaval.ca/docs/theses/jiegao\\_wang.pdf](http://robot.gmc.ulaval.ca/docs/theses/jiegao_wang.pdf)

[http://www.up.edu.mx/files\\_uploads/14682\\_Eure-K\\_01.pdf](http://www.up.edu.mx/files_uploads/14682_Eure-K_01.pdf)

- Todos ellos comprobados a fecha 15 de Junio de 2012

## **1.7 REQUERIMIENTOS DEL PROYECTO**

Para llevar a cabo este proyecto se ha tenido en cuenta una serie de requerimientos establecidos previamente a la realización de la fase de diseño, los cuales han restringido parámetros y características con las que debe cumplir la estructura del robot.

A continuación se muestran los distintos tipos de requerimientos que se han seguido durante las distintas fases que componen el proyecto.

### **1.7.1 REQUERIMIENTOS TÉCNICOS Y DE DISEÑO**

Referente a los aspectos técnicos y de diseño el objetivo principal es la elaborar un diseño mecánico simple, eficaz y funcional.

### **1.7.2 REQUERIMIENTOS DEL DISEÑO MECÁNICO**

A la hora de diseñar la estructura mecánica los aspectos más importantes a considerar son:

- La estructura tiene que ser resistente y con una elevada rigidez puesto que estos robots suelen tener elevadas precisiones con altas velocidades.

- La estructura no debe pesar mucho para facilitar su transporte y montaje.
- El tamaño de la estructura está determinado por los elementos que la componen y por los parámetros geométricos que debe cumplir como área de trabajo (a su vez determinada por la distancia entre puntos de acción) y área de interferencia.
- Todas las piezas mecanizadas del robot, a excepción de los distintos ejes, serán de aluminio.

El diseño final se evaluará dependiendo del grado de cumplimiento de estos requerimientos.

## **1.8 MATERIALES Y TRATAMIENTOS UTILIZADOS**

A la hora de diseñar, es muy importante la elección del material en el que vamos a hacer nuestra pieza. El punto 1.7 se divide en distintos subapartados referidos a los distintos materiales estructurales utilizados en la construcción del robot: aleaciones de aluminio y acero.

### **1.8.1 ALEACIONES DE ALUMINIO (UNE 38350:2001, UNE L-3441 y UNE L-3453)**

La estructura está construida, casi en su totalidad, con dos aleaciones de aluminio, presentes en distintos formatos. La primera (serie 6060 con tratamiento térmico T6) está presente en tubos de 60 x 50 mm y barras de 18 mm de diámetro. La segunda (serie 6082 con tratamiento térmico T6) está presente en bloques de distintos espesores (10, 20, 25, 50 y 70 mm). Estos dos aluminios son los que tienen una mejor relación resistencia/ductilidad y un margen de mejor u optimización con la aplicación de tratamientos térmicos.

El aluminio es un material de baja densidad y alta resistencia a la corrosión. Mediante aleaciones se puede conseguir que adquiera una alta resistencia mecánica. Además, se mecaniza con facilidad y es relativamente barato.

El aluminio de la serie 6060 T6 cumple con las siguientes características:



**PROYECTO DE FIN DE CARRERA:**  
**“DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE TROQUELADO Y EMBUTICIÓN”**

Composición química:

%	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ti	Cr	Otros	Al
Min.	0.40	0.18	-	-	0.45	-	-	-	-	Balance
Max.	0.45	0.22	0.02	0.03	0.50	0.02	0.02	0.02	0.10	

Características mecánicas:

Límite elástico (Rp0.2 – N/mm <sup>2</sup> )	Límite de rotura (Rm – N/mm <sup>2</sup> )	Alargamiento (%)	Dureza Brinell (HB)
150	190	8	65

Esta aleación tiene un mecanizado bueno, pero es mejor aún en nuestro caso debido al tratamiento T6.

El aluminio de la serie 6082 T6 cumple con las siguientes características:

Composición química:

%	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ti	Otros	Al
Min.	0.95	0.15	-	0.5	0.62	-	-	-	Balance
Max.	1.05	0.23	0.03	0.57	0.70	0.02	0.02	0.10	

Características mecánicas:

Límite elástico (Rp0.2 – N/mm <sup>2</sup> )	Límite de rotura (Rm – N/mm <sup>2</sup> )	Alargamiento (%)	Dureza Brinell (HB)
290	315	10	100

Esta aleación tiene un mecanizado bueno, y un tratamiento T6 igual al anterior.

### **1.8.2 ACERO (UNE-EN 10025:2006 y UNE-EN 10278:2000)**

El tercer material es el acero S235JRC+C utilizado para las piezas que ocupan ejes o articulaciones en el robot. Estará presente en forma de cilindros de distintos diámetros (14, 24, 30, 55, 70 y 105 mm).

El acero al carbono-manganeso, empleados principalmente en el sector de la construcción y en construcciones mecánicas, tiene un nivel de límite elástico mínimo y una resistencia a la tracción mínima y una ductilidad aceptable.

Composición química:

%	C	Mn	P	S	N	Cu	Fe
Max.	0.17	1.40	0.035	0.035	0.012	0.55	Balance

Características mecánicas:

Límite elástico (Rp0.2 – N/mm <sup>2</sup> )	Límite de rotura (Rm – N/mm <sup>2</sup> )	Alargamiento (%)	Dureza Brinell (HB)
225	360 - 510	24	100

La conformación en frío (estirado) en este material evitará la formación de depósitos de óxido en la superficie exterior. De esta forma podremos utilizar la tolerancia dada por el fabricante (h9) sin necesidad de eliminar material.

Todos los materiales cumplen con la normativa correspondiente, así lo acreditan los fabricantes mediante los correspondientes certificados.

### 1.8.3 TRATAMIENTOS UTILIZADOS Y CARACTERÍSTICAS

- T6: Es un tratamiento de solución, temple y maduración artificial según la norma UNE-EN 38002 y consistente en un calentamiento a 530°C durante 2 horas, enfriamiento en agua a 40°C máximo y 8 horas a 175°C o 6 horas a 185°C.

Con este tratamiento se mejorará la relación de propiedades mecánicas y tribológicas.



**PROYECTO DE FIN DE CARRERA:  
"DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE  
TROQUELADO Y EMBUTICIÓN"**

- Conformación en frío (estirado): La operación consiste en deformar el metal mediante la aplicación de una fuerza delantera que obliga al metal a pasar por la abertura de la matriz, que controla la geometría, y el tamaño de la sección de salida.

El estirado incluye operaciones en las que se estira el metal, en herramientas contenedoras adecuadas, a partir de láminas o blancos planos, para formar tazas cilíndricas o formas rectangulares o formas irregulares, de mucha o poca profundidad. En este proceso grandes cantidades de barras, tubos, alambres y secciones especiales son terminadas mediante estirado en frío.

La relación entre la forma o diámetro antes de estirar y la forma o diámetro después de estirar, determina la magnitud de los esfuerzos.

Las operaciones intensas de estirado en frío requieren material muy dúctil y, como consecuencia de la cantidad de deformación plástica, endurecen el metal con rapidez y se necesita recocido para restaurar la ductilidad para trabajo adicional.

El trabajo de estirado es, más o menos, el producto de la longitud del estiramiento y la presión máxima del punzón, porque la carga se eleva con rapidez hasta su máximo, permanece constante y tiene un brusco descenso al final del estiramiento, salvo que haya fricción contra la pared.

## **1.9 PROGRAMA INFORMÁTICO UTILIZADO**

### **1.9.1 Pro/ENGINEER Wildfire 5.0**

Pro/ENGINEER, es un producto de diseño, fabricación e ingeniería asistida por computadora de PTC Corporation (Massachusetts). Es un software de diseño paramétrico. Este es muy popular entre diseñadores mecánicos aunque un poco costoso, pero más económico que otros de su mismo rango como CATIA o Unigraphics. Una de las fortalezas de este software es la implementación de una suite para diseño mecánico, análisis de comportamiento (esfuerzos, térmicos, fatiga, eléctrico) y creación de archivos para la fabricación asistida por computadora.

### **1.9.2 SolidWorks 2012**

SolidWorks es un programa de diseño asistido por computadora para modelado mecánico desarrollado en la actualidad por SolidWorks Corp., una subsidiaria de Dassault Systèmes (Suresnes, Francia), para el sistema operativo Microsoft Windows. Es un modelador de sólidos paramétrico. Fue introducido en el mercado en 1995 para competir con otros programas CAD como Pro/ENGINEER, NX, Solid Edge, CATIA, y Autodesk Mechanical Desktop.

El programa permite modelar piezas y conjuntos y extraer de ellos tanto planos como otro tipo de información necesaria para la producción. Es un programa que funciona con base en las nuevas técnicas de modelado con sistemas CAD. El proceso consiste en trasvasar la idea mental del diseñador al sistema CAD, "construyendo virtualmente" la pieza o conjunto. Posteriormente todas las extracciones (planos y ficheros de intercambio) se realizan de manera bastante automatizada.

La empresa SolidWorks Corp. fue fundada en 1993 por Jon Hirschtick con su sede en Concord, Massachusetts y lanzó su primer producto, SolidWorks 95, en 1995. En 1997 Dassault Systèmes, mejor conocida por su software CAD CATIA, adquirió la compañía. Actualmente posee el 100% de sus acciones y es liderada por Jeff Ray.

## **1.10 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO Y JUSTIFICACIÓN**

Este apartado se divide en distintos puntos donde se explicarán las elecciones del diseño tomadas en cada uno de los componentes del robot, justificando aquellas que necesiten ser justificadas.

La numeración (#001, #002...) que sigue para identificar las distintas piezas es la misma que se ha utilizado en el apartado de presupuestos y en los planos.

Antes de empezar a justificar los distintos componentes hay que hacer hincapié en una de las principales características que debe cumplir este robot: Precisión.

La posición final del efector final (soporte del sistema de vacío) depende del buen posicionamiento de todos los componentes desde la caja reductora hasta el mismo efector final. Esto significa que vamos a buscar las mínimas tolerancias posibles siempre que podamos.



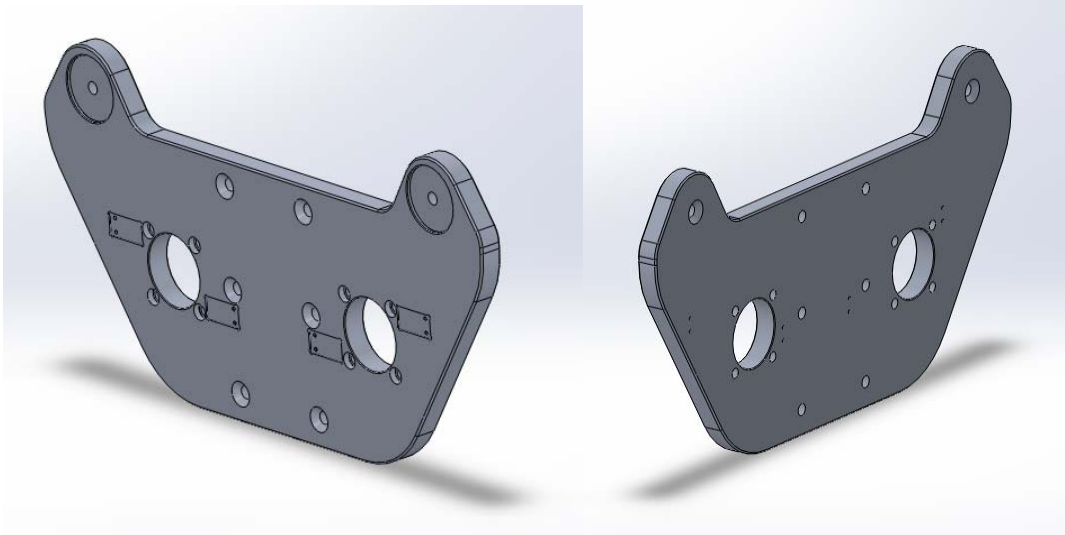
**PROYECTO DE FIN DE CARRERA:  
"DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE  
TROQUELADO Y EMBUTICIÓN"**

La distancia entre el eje de la caja reductora y los ejes 2 y 3, entre estos y el eje 1 y, a su vez, entre este y el punto central del efector final son las medidas principales que deberemos tener en cuenta en este diseño y donde por tanto deberemos buscar esas tolerancias mínimas.

Antes de comenzar con la descripción pormenorizada de las partes del robot vamos a dar unos datos sobre el robot como conjunto:

- Masa: 65,717 Kg
- Peso: 644,684 N
- Velocidad máxima en el efector final: 4 m/s
- Aceleración máxima en el efector final: 18 m/s<sup>2</sup>

### **1.10.1 SOPORTE PRINCIPAL (#001)**



**Figura 6: Vistas de las partes frontal y trasera del soporte principal.**

Funciones:

- Soporte para la conexión de los servomotores.
- Soporte para la conexión del soporte secundario.
- Soporte para los sensores capacitivos.
- Conexión del robot con la estructura que eleva el robot sobre el punto de trabajo.

El soporte principal es la pieza donde los servomotores, o más concretamente las cajas reductoras, y el soporte secundario (#002) están fijados mediante pernos (cuatro en el caso de cada una de las cajas reductoras y uno para el soporte secundario). Este soporte principal está, a su vez, fijado a la estructura metálica base mediante 6 pernos en su parte central.

En el diseño de esta pieza posicionamos cuatro sensores capacitivos que actuarán como finales de carrera en el movimiento de los brazos, evitando movimientos angulares excesivos (DETALLE A en el plano #001). Ambos brazos pueden cubrir un máximo de  $115^\circ$  aproximadamente, definiéndose así el área de trabajo del robot (área inferior en la figura 5) y el área de interferencia (dos áreas superiores en la figura 5). La descripción de este sistema de seguridad será ampliada en la explicación de los brazos ya que la segunda parte del sistema está en ellos.





PROYECTO DE FIN DE CARRERA:  
"DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE  
TROQUELADO Y EMBUTICIÓN"

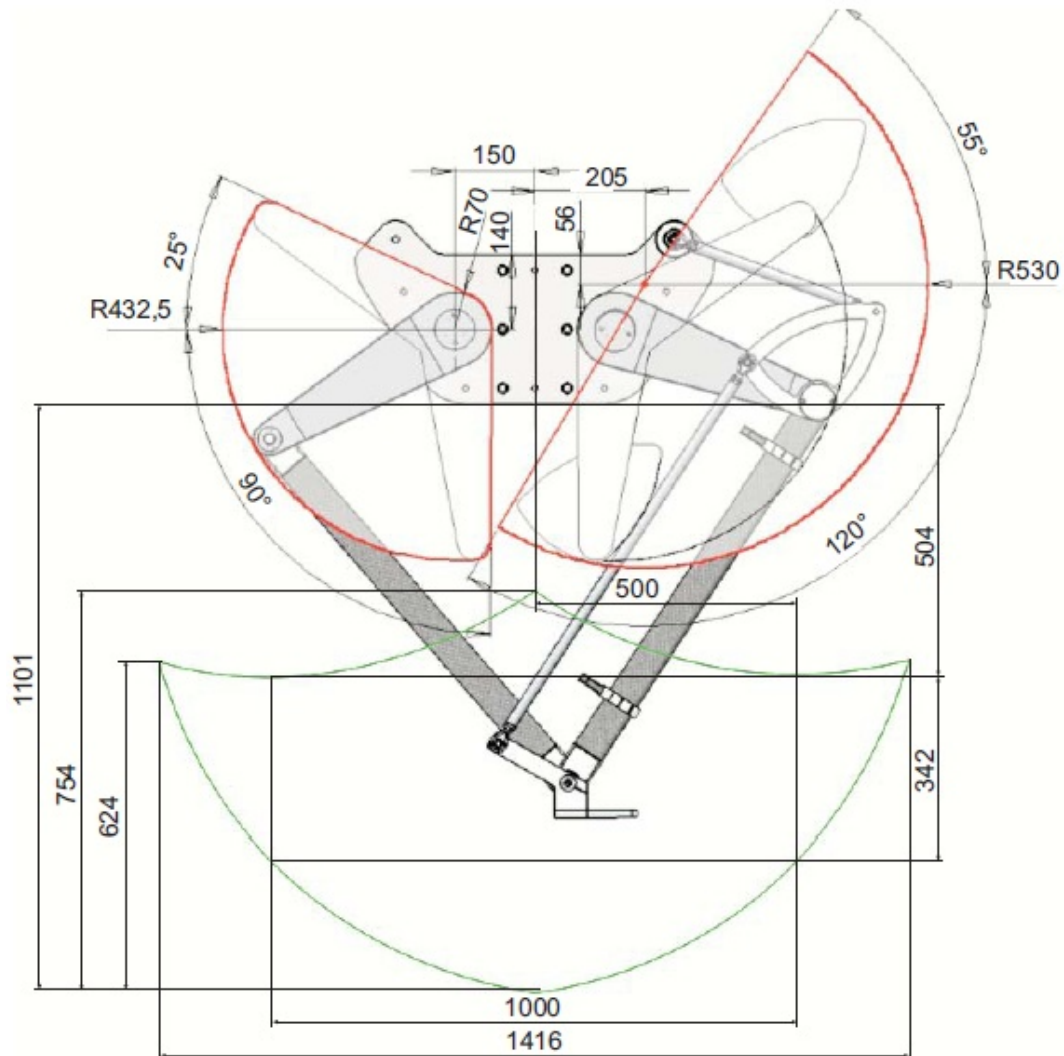


Figura 7: Vista del área de trabajo (inferior) y área de interferencia (superior).

Mientras que el área de trabajo es el lugar geométrico donde se puede posicionar el efector final, el área de interferencia es el lugar geométrico que debe estar en todo momento vacío de elementos externos para que los brazos del robot se puedan desplazar sin peligro de choque.

Los conectores de los brazos (#005) nunca tocan el soporte principal. Esto se debe a que están montados en los ejes de las cajas reductoras y los orificios pasantes donde se alojan tienen un diámetro 3 milímetros superior al diámetro de los conectores.

El par de tolerancias escogidas para el alojamiento donde el soporte secundario es fijado al soporte principal es H8/h9 que garantizará un giro o deslizamiento justo con holguras muy pequeñas, perfecto para un guiado y

centrado preciso en el montaje de esta pieza. Será montado por deslizamiento sin necesidad de usar gran fuerza.

Formado a partir de una plancha de 725 mm de largo por 365 mm de ancho y 25 mm de espesor.

El material en el que está fabricado el soporte principal es aleación de aluminio 6082.

Masa: 10,052 Kg

Peso: 98,61 N

### 1.10.2 SOPORTE SECUNDARIO (#002)

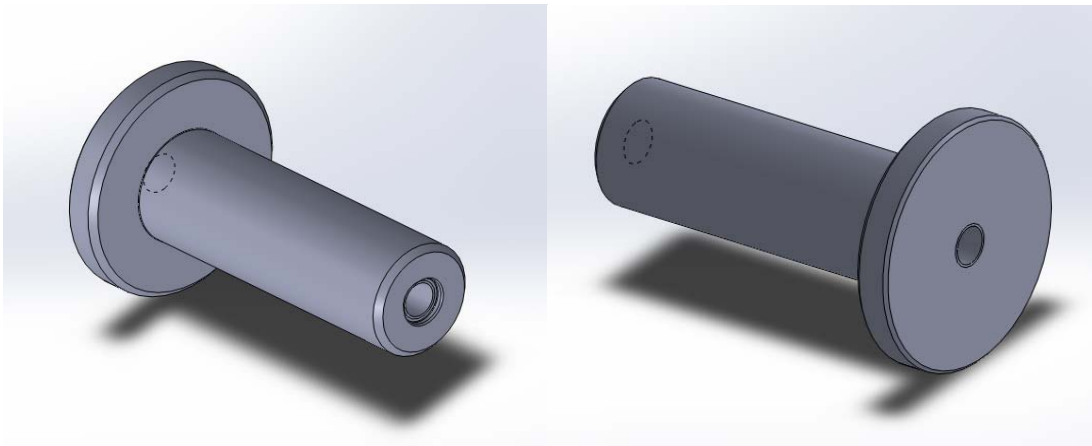


Figura 8: Vistas del soporte secundario.

Funciones:

- Punto fijo del mecanismo de paralelogramos.

Junto con el brazo derecho (#004), el soporte secundario empieza el mecanismo de paralelogramos que mantendrá el soporte del sistema de vacío (#019) horizontal en todo momento.

El agujero pasante que atraviesa la pieza longitudinalmente tiene dos roscas. Una en cada extremo. La que está situada en la zona de mayor diámetro tiene como función ayudar a fijar la pieza mediante un perno al soporte principal (#001). Este diámetro mayor y su alojamiento poseen



**PROYECTO DE FIN DE CARRERA:  
"DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE  
TROQUELADO Y EMBUTICIÓN"**

tolerancias de h9/H8. h9 es la tolerancia provista por el fabricante de los cilindros de donde obtendremos esta pieza.

La función de la rosca en el otro extremo es alojar el eje de fijación (#014). Debido a que el eje de fijación debe encajar debidamente en el agujero designado, las tolerancias serán h9/F7. Esto garantizará un giro o deslizamiento justo con holguras muy pequeñas, perfecto para un guiado y centrado preciso en el montaje de esta pieza. Será montado por deslizamiento sin necesidad de usar gran fuerza.

Formado a partir de una cilindro de 70 mm de diámetro y 115 mm de largo.

El material en el que está fabricado el soporte secundario es acero S235 JRC+C.

Masa: 1,020 Kg

Peso: 10,006 N

### 1.10.3 BRAZO IZQUIERDO (#003) Y BRAZO DERECHO (#004)

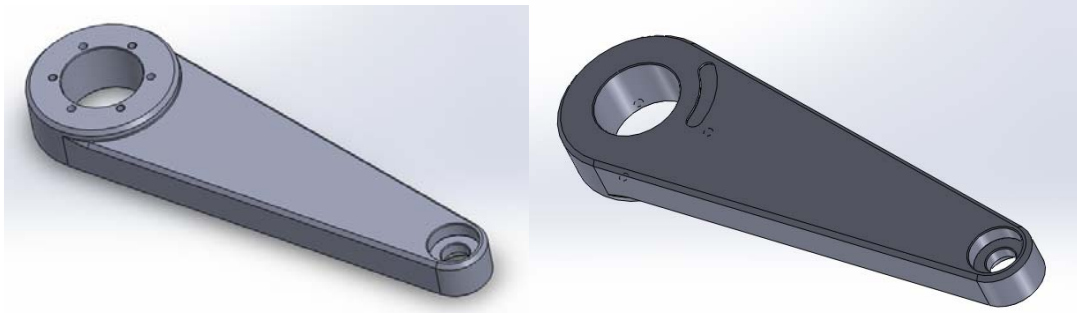


Figura 9: Vistas del brazo derecho.

Funciones:

- Transmisión de movimiento del robot.
- Formación de uno de los paralelogramos del mecanismo de paralelogramos.

Los brazos van a transmitir los movimientos giratorios de los servomotores y son una de las partes más estresadas del robot. Están fijadas a los conectores (#005) por tres pernos y tres pasadores, tipo b. Estos pasadores realizarán una función relacionada con la precisión, que como se ha dicho es una de las características más importantes en este tipo de robots, evitando la rotación relativa entre los brazos y sus conectores. La tolerancia con la que estarán alojados en sus agujeros será h8/H8 garantizando un guiado y deslizamiento justo con holguras muy pequeñas, perfecto para un guiado y centrado preciso en el montaje de esta pieza. Será montado por deslizamiento sin necesidad de usar gran fuerza (tras la aplicación de lubricantes podrá ser montado sin usar herramientas).

Para el correcto posicionamiento de estos pasadores en el brazo la tolerancia geométrica de los diámetros donde se realizarán los alojamientos debe ser muy pequeña ( $\pm 0.02\text{mm}$ ) y está referida a la línea que atraviesa el agujero. Para los pernos esta tolerancia geométrica es mayor ( $\pm 0.2\text{mm}$ ).

En el brazo derecho es también importante explicar que es uno de los lados principales en el mecanismo de paralelogramos que mantendrá horizontal el soporte del sistema de vacío (#019).

Los conectores y los agujeros en los brazos donde están alojados tienen una tolerancia H9/h9 que garantizará un giro o deslizamiento justo con holguras



**PROYECTO DE FIN DE CARRERA:  
"DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE  
TROQUELADO Y EMBUTICIÓN"**

muy pequeñas, perfecto para un guiado y centrado preciso en el montaje de esta pieza. Será montado por deslizamiento sin necesidad de usar gran fuerza.

En los extremos más estrechos de los brazos, dos rodamientos de bolas (por cada brazo) conectarán el brazo derecho con el eje 2 (#008) y el brazo izquierdo con el eje 3 (#009). La tolerancia entre el alojamiento del rodamiento en el brazo y la cara exterior del rodamiento es  $K6/(+0/-0.011\text{mm})$  que proporciona un pequeño juego o una pequeña interferencia. El rodamiento será montado y desmontado sin gran esfuerzo usando un mazo de goma.

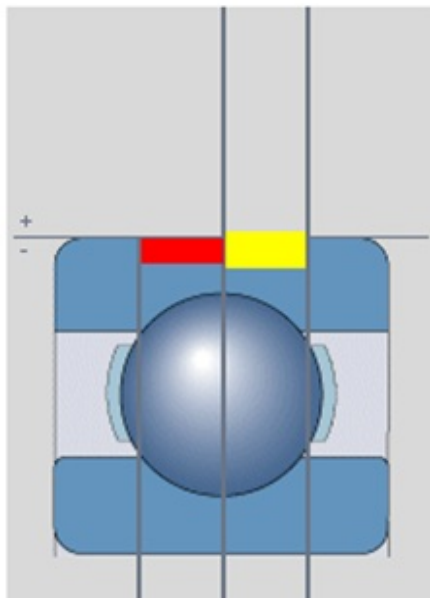
La profundidad del alojamiento del rodamiento es también importante a la hora de posicionar el efector final. Para evitar imprecisiones en el eje z del robot, la tolerancia de uno de estos alojamientos (el que aloja el rodamiento en contacto con la parte del eje de mayor diámetro) es  $\pm 0.02\text{mm}$ .

Tolerancia del  
diámetro  
exterior del  
cojinete [ $\mu\text{m}$ ]

0	max
-11	min

Tolerancia del  
alojamiento  
[ $\mu\text{m}$ ]

3	max
-13	min



D [mm] 47

Las barras de tolerancia están escaladas  
1/2 para diámetros > 120mm y  
1/4 para diámetros > 1250mm.

Ajustes [ $\mu\text{m}$ ]  
positivo = apriete  
negativo = juego

	max	min
teórica	13	-14
probable	9	-10
media	-0.5	

**Figura 10: Tolerancias entre la cara externa del rodamiento y la interna de su alojamiento.**

La cara plana en el interior del alojamiento del rodamiento junto con la tuerca de fijación (zonas externas del eje) o junto con la parte de mayor diámetro del eje (zonas internas del eje) crearán las fuerzas de compresión necesarias para que estos rodamientos trabajen correctamente.

Los brazos son imágenes especulares uno del otro, con la salvedad de que en las caras posteriores existen unas ranuras en distintas posiciones (DETALLE A en los planos #003 y #004). Estas ranuras son la segunda parte del sistema de seguridad. Cuando la ranura pasa por delante del sensor, la superficie del brazo sale del rango de detección y el sensor falla en la detección, parando el robot inmediatamente.

Con este sistema de detección de “parada al fallar” nos aseguramos de que si el sensor deja de funcionar en cualquier momento el robot también parará, siendo un sistema de seguridad muy eficaz.

Para tener un buen conocimiento de las distancias entre el eje de la caja reductora y los ejes es muy importante que la distancia entre los ejes de los dos agujeros de los brazos este lo mejor definida posible. Esa es la razón de que sea una de las principales medidas en los planos.

Formados a partir de tochos de 511 mm de largo por 176 mm de ancho y 50 mm de espesor.

El material en el que están fabricados los brazos es aleación de aluminio 6082.

Masa: 4,991 Kg (cada brazo)

Peso: 48,962 N (cada brazo)



#### 1.10.4 CONECTOR (#005)

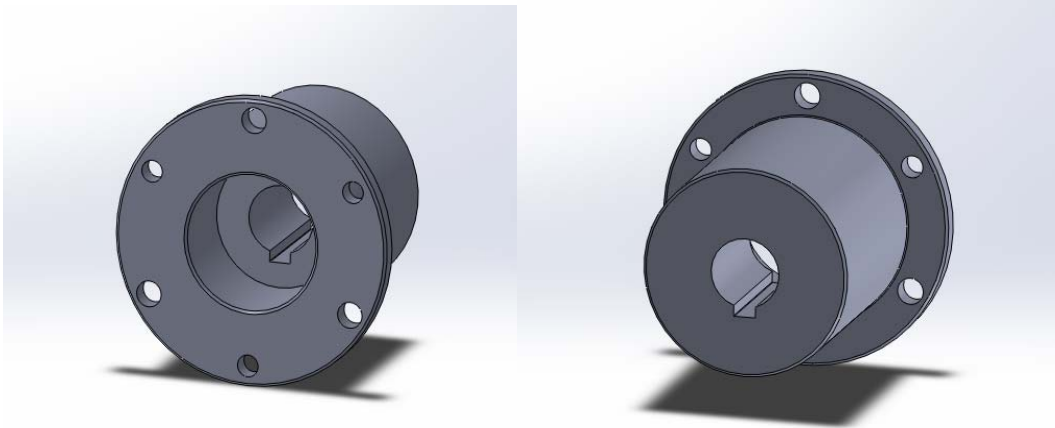


Figura 11: Vistas del conector.

Funciones:

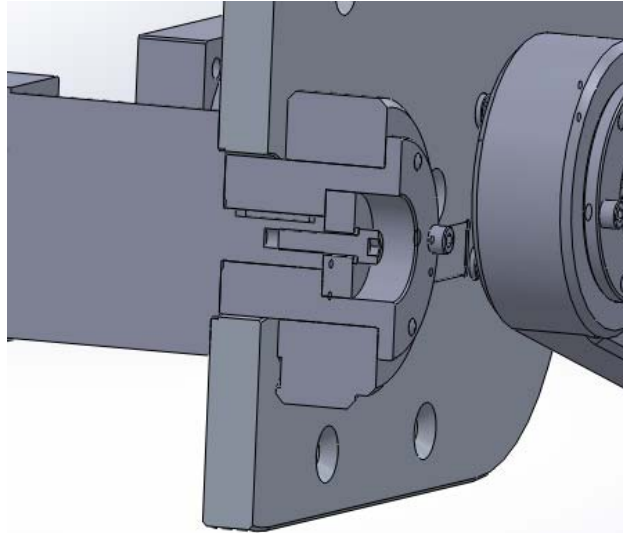
- Transmisión del movimiento del robot

Los conectores son los principales responsables de transmitir los movimientos de los ejes de las cajas reductoras a los brazos (el principio del mecanismo). Esto es realizado en cada uno gracias a una chaveta alojada entre dos chaveteros, uno en el eje de la caja reductora y otro en el agujero central del conector. Las tolerancias en la unión entre el eje y su alojamiento son  $j7/H8$  lo que garantiza un ajuste con un juego pequeño o un apriete insignificante. Las piezas pueden ser montadas y desmontadas manualmente.

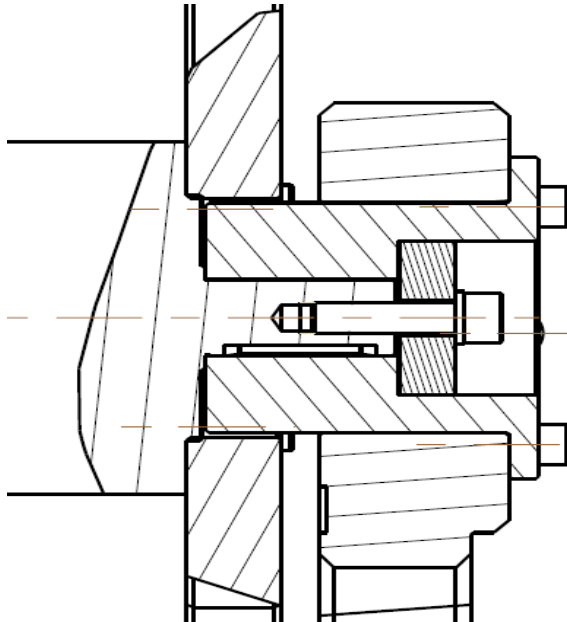
El conector apoya su cara posterior en la superficie plana de la parte final del eje. En las especificaciones de la caja reductora se indica que la tolerancia entre la parte frontal de la caja reductora y esta superficie plana es mejor que cualquier otra a la hora de posicionar el conector con elevada precisión. Esta tolerancia ofrecida por el fabricante unida a la tolerancia entre la cara posterior del conector y la superficie en contacto con la cara anterior del brazo ( $\pm 0.01\text{mm}$ ) hacen que este posicionamiento sea muy preciso.

Como se indicó antes, estas piezas están fijadas a los brazos (#003 y #004) mediante tres pernos y tres pasadores, tipo b. Las tolerancias de los pasadores y sus alojamientos en el conector es también  $h8/H8$ . La tolerancia entre el alojamiento de los conectores en los brazos y los conectores es  $H9/h9$ . Para el correcto posicionamiento de estos pasadores en los conectores, la tolerancia geométrica del diámetro donde se realizan los agujeros es muy pequeña ( $\pm 0.02\text{mm}$ ), tomando como referencia el eje central que cruza la pieza. Para los pernos, la tolerancia es algo mayor ( $\pm 0.2\text{mm}$ ).

El movimiento axial entre los conectores y los ejes de las cajas reductoras es impedido por la superficie plana en la parte final del eje y lo tope del eje (#006) (figura 10). Estos topes están alojados en los conectores y la tolerancia entre ellos y sus alojamientos es h9/H8.



**Figura 12: Corte de los impedimentos al movimiento axial del conector en 3D.**



**Figura 13: Corte de los impedimentos al movimiento axial del conector.**

Formados a partir de cilindros de 105 mm de diámetro y 88 mm de longitud.

Los conectores están fabricados en acero aleado S235 JRC+C.





Masa: 2,497 Kg

Peso: 24,496 N

#### 1.10.5 TOPE DEL EJE (#006)

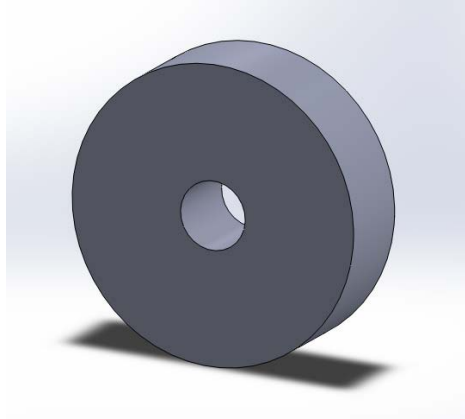


Figura 14: Vista del tope del eje.

Funciones:

- Fijación de la posición del conector.

La función de los topes de los ejes es impedir el movimiento axial de los conectores (#005) hacia delante. Por esto, están alojados en los conectores pero fijados a las roscas de los ejes de las cajas reductoras mediante un tornillo con una arandela de resorte para evitar el autoaflojamiento (figura 9).

Las tolerancias entre los topes y su alojamiento en los conectores es h9/H8. Siendo h9 la tolerancia provista por el fabricante de los cilindros de donde obtendremos esta pieza

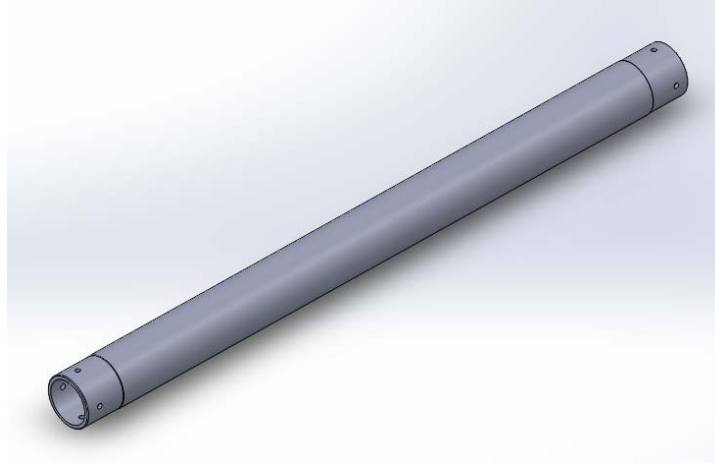
Formados por secciones circulares de 50 mm de diámetro y espesor de 15 mm.

Esta fabricada en acero aleado S235 JRC+C.

Masa: 0,218 Kg

Peso: 2,139 N

### 1.10.6 TUBO (#007)



**Figura 15: Vista del tubo.**

Funciones:

- Transmisión del movimiento del robot.

Los tubos son las piezas que transmiten cargas y movimientos desde los codos del mecanismo (eje 2 y 3) hasta el soporte del sistema de vacío (#019).

Están conectados a los ejes mediante los soportes de giro (#010) y fijados a estos mediante cuatro pasadores, tipo b, en cada extremo. Los pasadores y sus alojamientos tienen unas tolerancias h8/H8.

Para definir la distancia entre ejes con la mayor precisión posible la distancia más importante en esta pieza es la distancia entre pasadores de los dos extremos del tubo. Para estar seguro de que el tubo no toca el fondo de sus alojamientos en el interior de los soportes de giro, modificando la distancia entre ejes, la distancia entre los pasadores y el final del tubo es 16mm con una tolerancia lineal de (+0/-0.1mm).

Para asegurar que el tubo encaja perfectamente en sus alojamientos dentro de los distintos soportes de giro, las tolerancias son h8/H8. En el tubo esta tolerancia ha sido dada eliminando 1mm mediante mecanizando después de recibir el material ya que la tolerancia original provista por el fabricante no era suficiente.

Formados por tubos de diámetro exterior 60 mm, diámetro interior de 50 mm y longitud 802 mm.

El material de los tubos es aleación de aluminio 6060.



Masa: 1,844 Kg

Peso: 18,09 N

### 1.10.7 EJE 2 (#008)

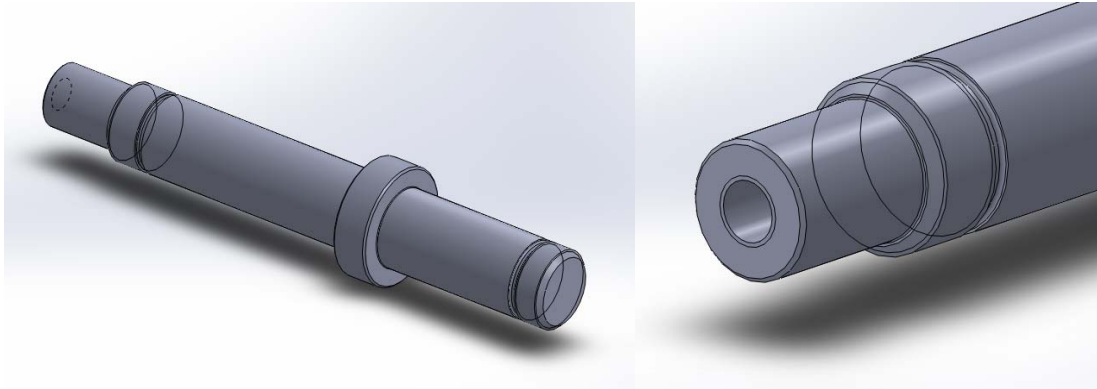


Figura 16: Vista del eje 2 y detalle del taladro interno.

Funciones:

- Conexión de los movimientos de distintos elementos.
- Punto fijo para el triángulo.

El eje 2 funciona como codo derecho del mecanismo siendo parte la articulación que lo forma. Es el responsable de conectar el brazo derecho (#004) con el soporte de giro (#010) a través de los rodamientos de bolas (figura 15). También es uno de los puntos principales del mecanismo de paralelogramos que mantiene horizontal el soporte del sistema de vacío (#019) ya que en su parte más adelantada se fijará el triángulo (#012) mediante un tope de triángulo (#016) y un tornillo. El eje 2 solo toca el triángulo, el tope del triángulo y los rodamientos de bolas (con sus tuercas de fijación correspondientes).

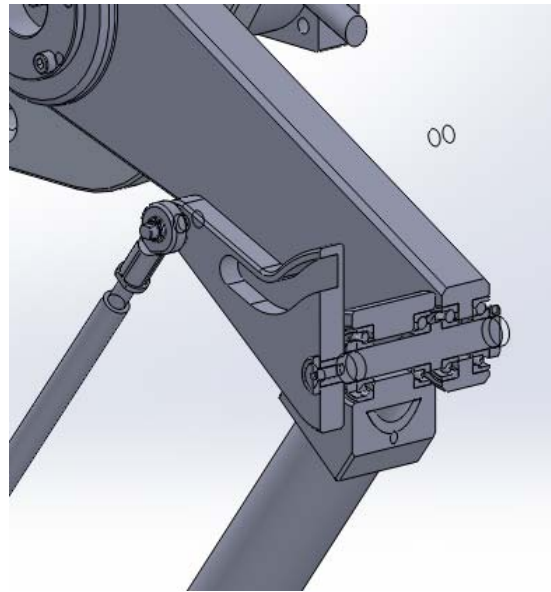


Figura 17: Corte en la conexión del eje 2 en 3D.

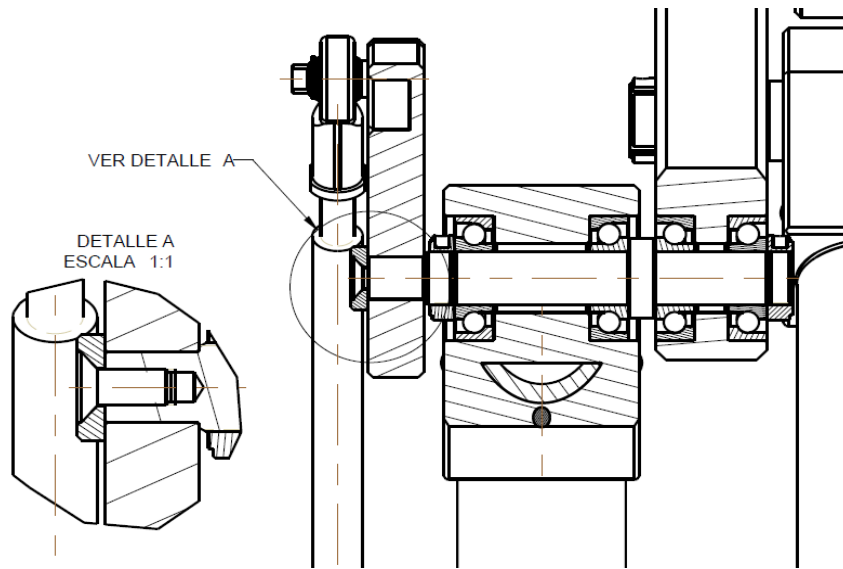
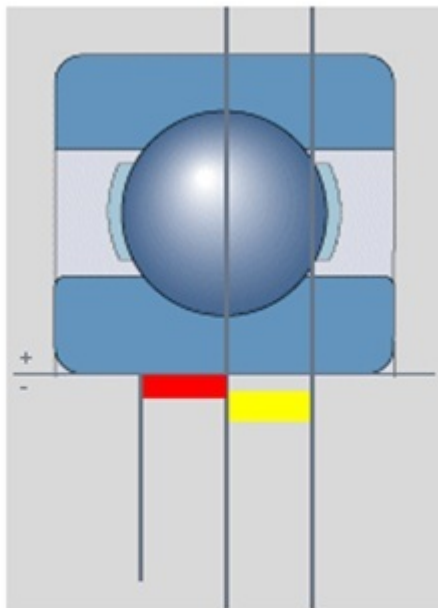


Figura 18: Corte y detalle de las conexiones del eje 2.

Las tolerancias entre las caras interiores de los rodamientos de bolas y la superficie donde son alojados en el eje 2 son  $g6/(+0/-0.01\text{mm})$  lo que garantizará un ajuste con pequeño juego para guía precisa de ejes sin un juego apreciable tras el montaje.



PROYECTO DE FIN DE CARRERA:  
 “DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE  
 TROQUELADO Y EMBUTICIÓN”



d [mm] 20

Las barras de tolerancia están escaladas  
 1/2 para diámetros > 120mm y  
 1/4 para diámetros > 1250mm.

Ajustes [ $\mu\text{m}$ ]  
 positivo = apriete  
 negativo = juego

	max	min
teórica	3	-20
probable	0	-17
media	-8.5	

Tolerancia del  
 diámetro  
 interior del  
 cojinete [ $\mu\text{m}$ ]

0	max
-10	min

Tolerancia del  
 eje [ $\mu\text{m}$ ]

-7	max
-20	min

Figura 19: Tolerancias entre la cara externa del rodamiento y la interna de su alojamiento.

Las roscas que existen en ambos lados del eje 2 están diseñadas para las tuercas de fijación que tienen que presionar los rodamientos con una fuerza axial suficiente para hacerlo trabajar correctamente. El ensanchamiento del eje 2 en su parte central funciona como una tuercas de fijación presionando (o más bien reteniendo) los rodamientos con una reactiva en dirección contraria a la aplicada por la tuerca. La longitud de este tramo ensanchado es muy importante para evitar imprecisiones en el posicionamiento frontal del soporte del sistema de vacío. Por esta razón la tolerancia lineal necesaria será de ( $\pm 0.02\text{mm}$ ).

Para fijar el triángulo al eje 2 primero tenemos que estar seguros de que el eje 2 puede ser alojado dentro del agujero destinado para eso en el triángulo. Para asegurarnos, daremos, al eje y al agujero, las tolerancia de H8/h9. Después el triángulo será fijado contra la superficie plana al comienzo de la rosca frontal gracias al tope de triángulo, un tornillo y la rosca correspondiente en el interior del eje 2.

Formado a partir de un cilindro de 30 mm de diámetro y 151.5 mm de longitud.

Este eje 2 estará fabricado en acero aleado S235 JRC+C.

Masa: 0,374 Kg

Peso: 3,669 N

### 1.10.8 EJE 3 (#009)

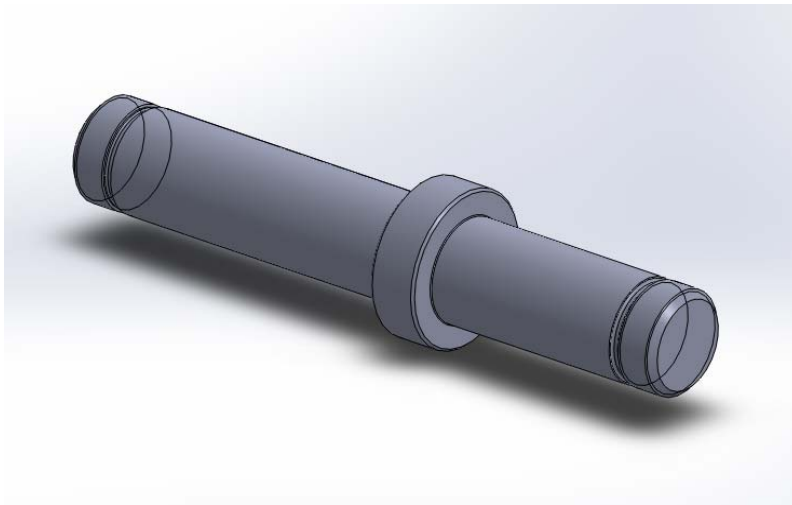


Figura 20: Vista del eje 3.

Funciones:

- Conexión del movimiento de distintos elementos.

El eje 3 es el codo izquierdo del mecanismo del robot y es el responsable de conectar el brazo izquierdo (#003) con el soporte de giro (#010) a través de los rodamientos. El eje 3 solo toca directamente a los rodamientos (y sus tuercas de fijación correspondientes).

Las tolerancias de los rodamientos de bolas y del eje 3 son las mismas que en el caso de los rodamientos y el eje 2.

Las roscas en ambos lados del eje 3 están diseñadas para que las tuercas de fijación apliquen una fuerza axial sobre los rodamientos y que estos trabajen correctamente. La parte ensanchada en mitad del eje 3 funciona como las tuercas de fijación presionando (o más bien reteniendo) los rodamientos



**PROYECTO DE FIN DE CARRERA:  
"DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE  
TROQUELADO Y EMBUTICIÓN"**

con una reactiva en dirección contraria a la aplicada por la tuerca. La longitud de este tramo ensanchado es muy importante para evitar imprecisiones en el posicionamiento frontal del soporte del sistema de vacío. Por esta razón la tolerancia lineal necesaria será de ( $\pm 0.02\text{mm}$ ).

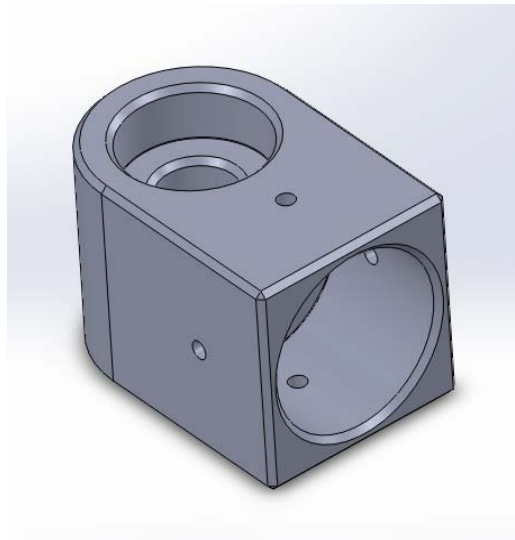
Formado a partir de un cilindro de 30 mm de diámetro y 129.5 mm de longitud.

Este eje 2 estará fabricado en acero aleado S235 JRC+C.

Masa: 0,344 Kg

Peso: 3,277 N

### **1.10.9 SOPORTE DE GIRO (#010)**



**Figura 21: Vista del soporte de giro.**

Funciones:

- Conexión de los ejes con los tubos.

El soporte de giro conecta el eje 1 (#015), eje 2 (#008) y eje 3 (#009) con los tubos (#007) a través de los rodamientos de bolas. Los alojamientos de los rodamientos poseen las mismas tolerancias que en el caso de los rodamientos alojados en los brazos:  $K6/(+0/-0.011)$ .

El soporte de giro está fijado al tubo por cuatro pasadores, tipo b, tras introducir este en el alojamiento. Las tolerancias de los agujeros y los

pasadores son H8/h8 y las tolerancias entre el alojamiento del tubo y el tubo son también H8/h8.

Para continuar con el buen posicionamiento de las piezas nos fijaremos en la posición relativa entre los agujeros donde se introducirán los ejes y los agujeros de los pasadores. De esta manera, y conjuntamente con la buena definición de la longitud del tubo, tendremos la distancia entre los ejes muy bien determinada y con una tolerancia relativamente baja.

La profundidad de los alojamientos para los rodamientos es también importante en el posicionamiento frontal del efector final. Para evitar imprecisiones, la tolerancia lineal en ambos alojamientos será de  $\pm 0.02\text{mm}$ .

La superficie plana en el interior de los alojamientos de los rodamientos junto con las tuercas de fijación o el ensanchamiento central de los ejes realizará la fuerza axial necesaria para que los rodamientos trabajen correctamente.

Formados a partir de tochos de 174 mm de longitud por 94 mm de ancho y 70 mm de espesor.

El material de los soportes de giro es aleación de aluminio 6082.

Masa: 0,737 Kg

Peso: 7,23 N

#### 1.10.10 EL INMOVILIZADOR 1 (#011)

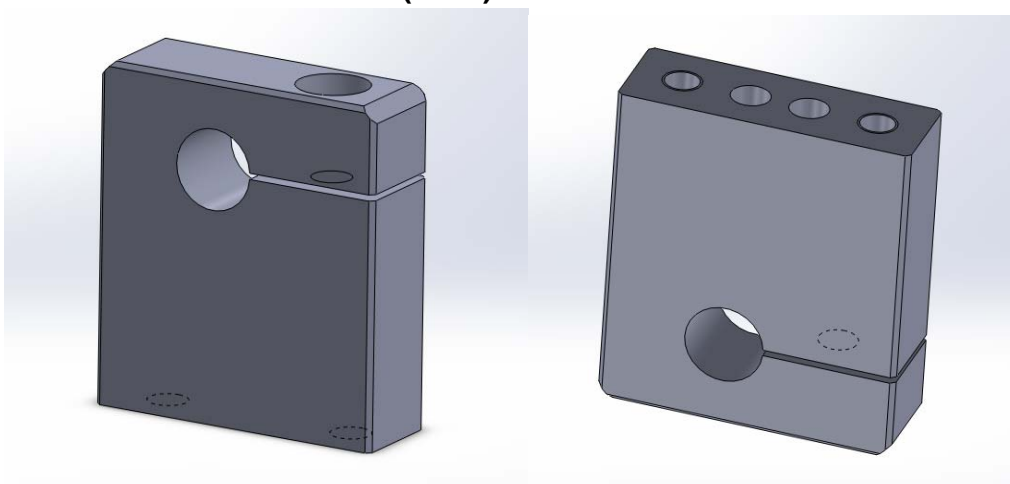


Figura 22: Vistas del inmovilizador 1.

Funciones:

- Fijación del eje al soporte del sistema de vacío.

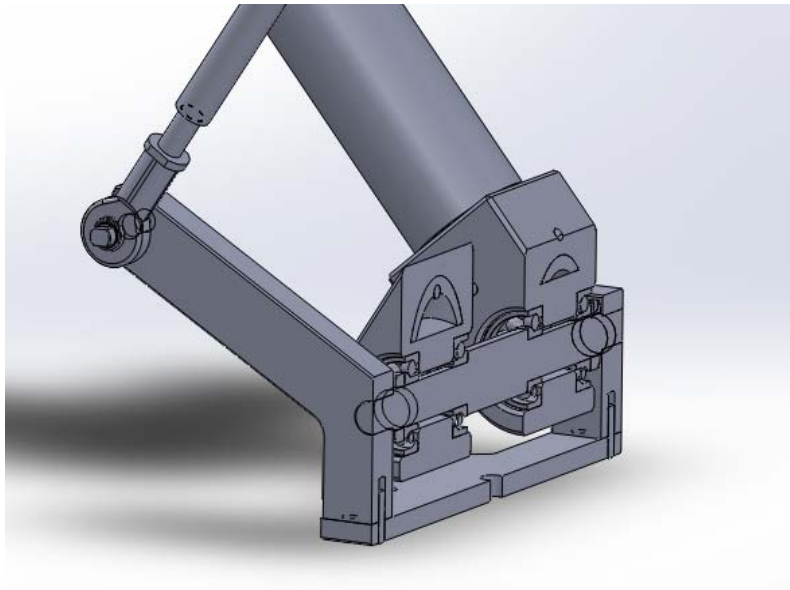




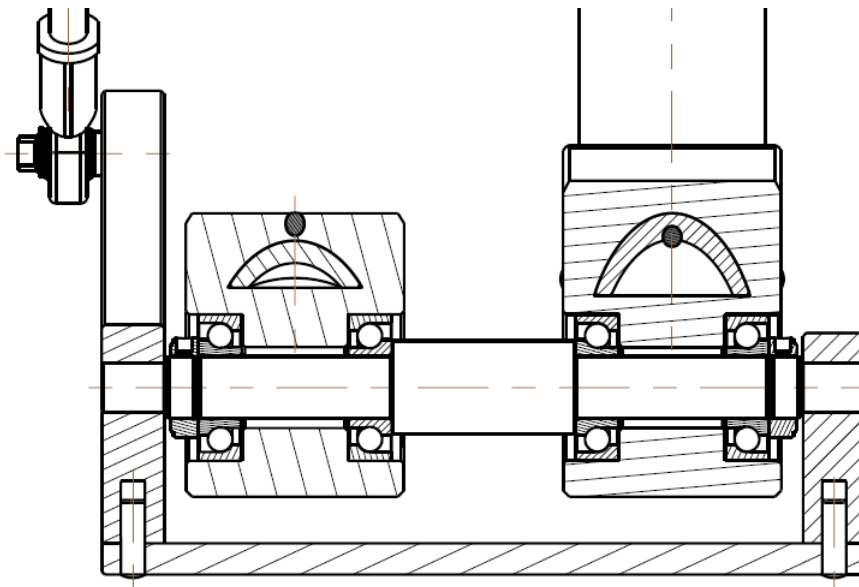
**PROYECTO DE FIN DE CARRERA:  
"DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE  
TROQUELADO Y EMBUTICIÓN"**

- Bloqueo del movimiento relativo del eje 1.

El inmovilizador 1 es una de las piezas que fijan el soporte del sistema de vacío (#019) con el eje 1 (#015), además del inmovilizador 2 (#017) (figura 21). El mecanismo para fijar el eje 1 con el inmovilizador 1 es un tornillo que hará trabajar al agujero donde se aloja el eje, como una pinza cuando sea apretado. Para asegurarnos de que el eje 1 puede entrar inicialmente en su alojamiento (antes de apretar el tornillo), las tolerancias aplicadas serán h9/H8.



**Figura 23: Detalles de las conexiones del eje 1 en 3D.**



**Figura 24: Detalle de las conexiones del eje 1.**

El inmovilizador esta fijado al soporte del sistema de vacío mediante dos pasadores, tipo b, y dos tornillos. Los agujeros para los pasadores deben ser emplazados cuidadosamente, por lo que utilizaremos una tolerancia lineal de  $\pm 0.01\text{mm}$  para la distancia entre ellos y  $h8/H8$  para la tolerancia entre los pasadores y sus alojamientos.

Esta precisión en el posicionamiento nos ayudará más adelante ya que es muy importante referenciar la posición del eje 1 respecto de la superficie inferior y respecto de uno de estos pasadores. De esta manera, tendremos perfectamente referenciado el eje 1 y uno de estos elementos (el pasador) que es compartido por el inmovilizador 1 y el soporte del sistema de vacío (nuestra coordenada "X") y, de la misma forma, referenciado a la superficie inferior que es compartida también (nuestra coordenada "Y"). Ambas coordenadas serán  $\pm 0.05\text{mm}$

Formado a partir de un tocho de 130 mm de longitud por 94 mm de ancho y 20 mm de espesor.

El inmovilizador 1 está fabricado en aleación de aluminio 6082.

Masa: 0,189 Kg

Peso: 1,854 N

#### 1.10.11 TRIÁNGULO (#012)

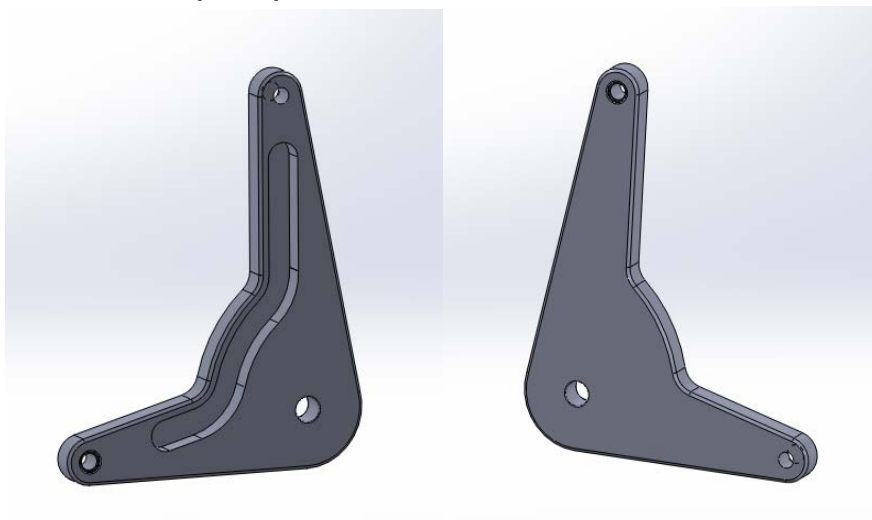


Figura 25: Vistas del triángulo.



**PROYECTO DE FIN DE CARRERA:  
"DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE  
TROQUELADO Y EMBUTICIÓN"**

**Funciones:**

- Formación de un lado del primer paralelogramo del mecanismo de paralelogramos.
- Formación de un lado del segundo paralelogramo del mecanismo de paralelogramos.
- Unión rígida de los lados del primer y segundo paralelogramo.

La función del triángulo es ser la parte central y móvil del mecanismo de paralelogramos. Sus tres agujeros son tres puntos clave en este mecanismo y la distancia entre ellos es de gran importancia.

El triángulo está fijado al eje 2 (#008) por el tope de triángulo (#016) y un tornillo (figura 15). Las tolerancias del alojamiento del eje 2 en el triángulo y el eje 2 son H8/h9.

Los dos "brazos" del triángulo tienen un agujero roscado cada uno. En cada uno será alojado un eje pequeño (#014), uno de ellos estará orientado hacia el frente de la pieza y el otro en dirección contraria. Hay dos pequeños alojamientos para estos ejes pequeños para mantenerlos centrados y rectos con cierta precisión. Estos alojamientos y sus ejes correspondientes tienen unas tolerancias de F7/h9.

Nuestro robot debe poseer una elevada velocidad de funcionamiento así que tenemos que diseñarlo teniendo en cuenta que todo exceso de peso en los brazos debe ser tan pequeño como sea posible (sin perder cualidades como la rigidez y la resistencia). Para reducir algo de peso in esta pesa se ha realizado una ranura para eliminar cierta cantidad de material de la pieza.

Formado a partir de una plancha de 271 mm de longitud por 255 de ancho y 20 mm de espesor.

El triángulo está fabricado de aluminio aleado 6082.

Masa: 0,859 Kg

Peso: 8,427 N

### 1.10.12 TUBO CORTO (#013)

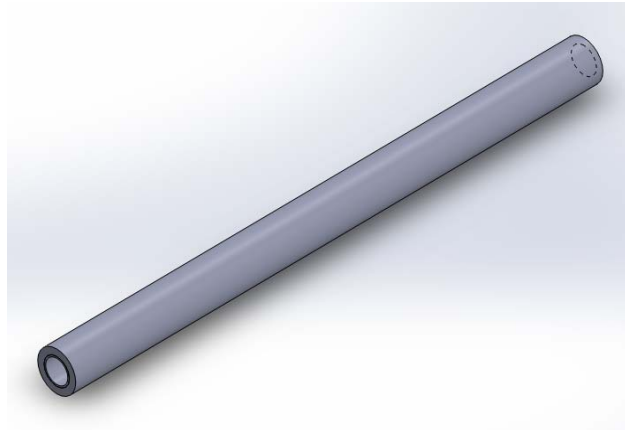


Figura 26: Vista del tubo corto.

Funciones:

- Formación de uno de los lados del primer paralelogramo del mecanismo de paralelogramos.

El tubo corto tiene que ser paralelo al brazo derecho (#004) en todo momento ya que es uno de los lados del primer paralelogramo que forma el mecanismo de paralelogramos. Se conecta con los ejes pequeños (#014) a través de espárragos y cabezas de rótula CRS GS en cada lado.

Su función es mantener el triángulo (#012) siempre con la misma inclinación de sus “brazos”. En el mecanismo es muy importante que la distancia entre los dos agujeros en el brazo derecho sea la misma que la distancia entre el eje del soporte secundario y el eje del agujero superior del triángulo. De esta manera, independientemente de cuál sea la posición del brazo derecho, se mantendrá el paralelogramo. Para solucionar este problema se ideó una solución sencilla y eficaz. Las roscas donde los espárragos están atornillados son en un lado a derechas y en el otro a izquierdas. De esta forma solo girando el tubo corto podemos incrementar o disminuir la distancia entre los ejes pequeños. Una vez conseguida la distancia deseada se aprietan las dos tuercas situadas en cada uno de los espárragos, una contra la superficie posterior de la cabeza de rótula y otra contra el tubo corto, bloqueando el movimiento del espárrago.

Formado a partir de una barra de 18 mm de diámetro y 249.5 mm de longitud.

Este tubo corto está fabricado en aleación de aluminio 6060.



Masa: 0,159 Kg

Peso: 1,56 N

### 1.10.13 EJE PEQUEÑO (#014)

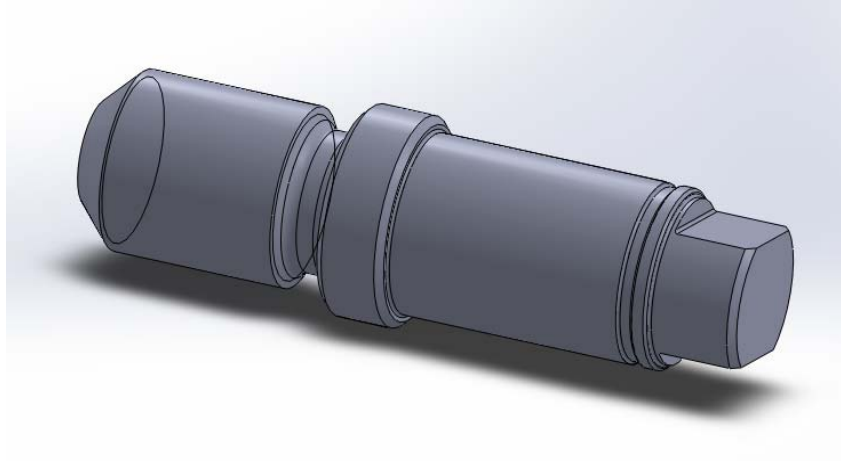


Figura 27: Vista del eje pequeño.

Funciones:

- Fijación de los vértices de los paralelogramos en el mecanismo de paralelogramos.

Los ejes pequeños están emplazados en cuatro vértices de los paralelogramos que forman el mecanismo de paralelogramos: uno en el soporte secundario (#002), dos en el triángulo (#012) y otro más en el inmovilizador 2 (#017). En todos ellos está atornillado y para que quede guiado y centrado con precisión con unas tolerancias (entre el alojamiento y el eje) de F7/h9. No hay necesidad de mecanizar la superficie exterior para obtener la tolerancia de h9 pues esta es la que nos proporcionará el fabricante en el cilindro madre de donde obtendremos estas piezas.

El eje pequeño está conectado con una cabeza de rótula con una tolerancia de h6/H7 que nos garantizará un giro o deslizamiento justo con holguras muy pequeñas, perfecto para un guiado y centrado preciso en el montaje de esta pieza. Será montado por deslizamiento sin necesidad de usar gran fuerza, después de haber sido lubricado puede ser montado a mano. Las salidas de las cabezas de rótula serán bloqueadas por anillos elásticos de seguridad alojados en las ranuras apropiadas de los ejes pequeños.

En cada eje existen dos superficies planas en la parte opuesta a la rosca para que puedan ser apretadas con la llave apropiada.

Formados a partir de cilindros de 14 mm de diámetro y 48.6 mm de longitud.

Estos ejes son fabricados en acero aleado S235 JRC+C.

Masa: 0,039 Kg

Peso: 0,383 N

#### 1.10.14 EJE 1 (#015)

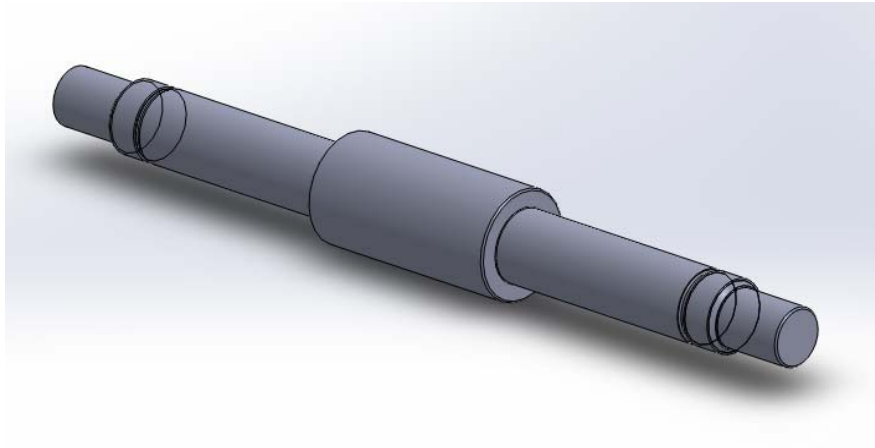


Figura 28: Vista del eje 1.

Funciones:

- Conexión del movimiento de distintos elementos.

El eje 1 es la muñeca del mecanismo y es el responsable de conectar la parte izquierda del mecanismo (desde el servomotor izquierdo) a la parte derecha (desde el servomotor derecho). Esto se realiza conectando el soporte de giro (#010) final de cada lado a través de los rodamientos. El eje 1 solo toca directamente el inmovilizador 1 (#011), el inmovilizador 2 (#017) y los rodamientos (con sus tuercas de fijación correspondientes) (figura 21).

Las tolerancias de los rodamientos y el eje 1 son las mismas que en el caso del eje 2 y el eje 3:  $g6/(+0/-0.01\text{mm})$ .

Las roscas en ambos lados del eje 1 están diseñadas para que las tuercas de fijación apliquen una fuerza axial sobre los rodamientos y que estos trabajen correctamente. La parte ensanchada en mitad del eje 1 funciona como



**PROYECTO DE FIN DE CARRERA:  
"DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE  
TROQUELADO Y EMBUTICIÓN"**

las tuercas de fijación presionando (o más bien reteniendo) los rodamientos con una reactiva en dirección contraria a la aplicada por la tuerca. La longitud de este tramo ensanchado es muy importante para evitar imprecisiones en el posicionamiento frontal del soporte del sistema de vacío. Por esta razón la tolerancia lineal necesaria será de ( $\pm 0.02\text{mm}$ ).

El eje 1 está fijado al inmovilizador 1 y al inmovilizador 2 mediante dos sencillos mecanimos (el mismo repetido en cada inmovilizador). Un tornillo que hace trabajar al agujero del inmovilizador como una pinza cuando es apretado. Para estar seguros de que el eje 1 puede ser alojado en el agujero, antes de que el tornillo sea apretado, la tolerancia entre eje 1 y agujeros en ambos inmovilizadores debe ser h9/H8.

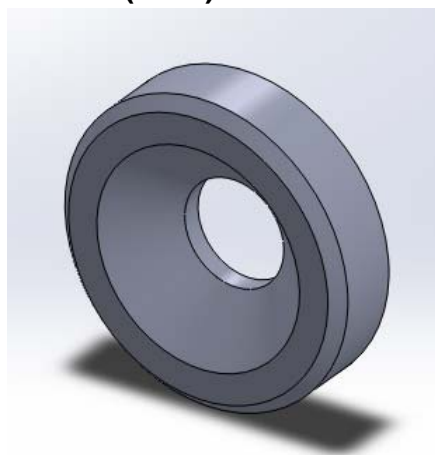
Formados a partir de cilindros de 30 mm de diámetro y 245 mm de longitud.

Este eje 1 será fabricado en acero aleado S235 JRC+C.

Masa: 0,743 Kg

Peso: 7,289 N

#### **1.10.15 TOPE DE TRIÁNGULO (#016)**



**Figura 29: Vista del tope de triángulo.**

Funciones:

- Fijación de la posición del triángulo.

La función del tope de triángulo es muy simple. Tiene que mantener el triángulo (#012) en posición con respecto al eje 2 (#008) (figura 15). Un tornillo atraviesa el tope de triángulo y se atornilla en la rosca interna en el eje 2, bloqueando así el movimiento relativo de estas tres piezas.

Formado a partir de una sección circular de 24 mm de diámetro y 6 mm de espesor.

Se fabricará en acero aleado S235 JRC+C.

Masa: 0,016 Kg

Peso: 0,157 N

#### 1.10.16 INMOVILIZADOR 2 (#017)

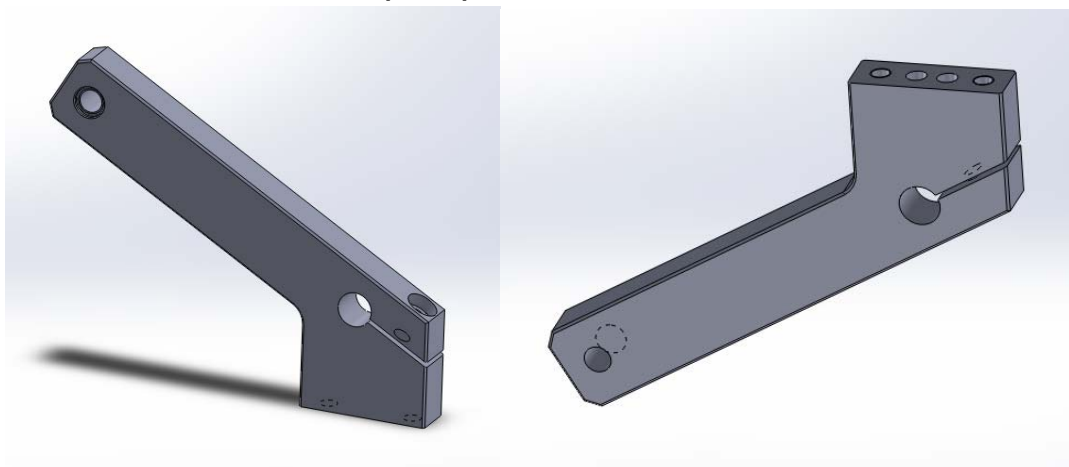


Figura 30: Vistas del inmovilizador 2.





**PROYECTO DE FIN DE CARRERA:  
"DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE  
TROQUELADO Y EMBUTICIÓN"**

**Funciones:**

- Fijación del eje al soporte del sistema de vacío.
- Bloqueo del movimiento relativo del eje 1.
- Formación de uno de los lados del segundo paralelogramo del mecanismo de paralelogramos.

El inmovilizador 2 es una de las piezas que fijan el soporte del sistema de vacío (#019) con el eje 1 (#015), además del inmovilizador 1 (#011) (figura 21). El mecanismo para fijar el eje 1 con el inmovilizador 1 es un tornillo que hará trabajar al agujero donde se aloja el eje, como una pinza cuando sea apretado. Para asegurarnos de que el eje 1 puede entrar inicialmente en su alojamiento (antes de apretar el tornillo), las tolerancias aplicadas serán h9/H8. También funciona como lado final del segundo paralelogramo en el mecanismo de paralelogramos completando el mecanismo y posicionando el último eje pequeño (#014) en su alojamiento con unas tolerancia de F7/h9.

El inmovilizador esta fijado al soporte del sistema de vacío mediante dos pasadores, tipo b, y dos tornillos. Los agujeros para los pasadores deben ser emplazados cuidadosamente, por lo que utilizaremos una tolerancia lineal de  $\pm 0.01\text{mm}$  para la distancia entre ellos y h8/H8 para la tolerancia entre los pasadores y sus alojamientos.

Esta precisión en el posicionamiento nos ayudará más adelante ya que es muy importante referenciar la posición del eje 1 respecto del la superficie inferior y respecto de uno de estos pasadores. De esta manera, tendremos perfectamente referenciado el eje 1 y uno de estos elementos (el pasador) que es compartido por el inmovilizador 1 y el soporte del sistema de vacío (nuestra coordenada "X") y, de la misma forma, referenciado a la superficie inferior que es compartida también (nuestra coordenada "Y"). Ambas coordenadas serán  $\pm 0.05\text{mm}$ .

Como se puede ver en el plano las distancias entre los dos agujeros horizontales deben ser las mismas que las distancias entre los dos agujeros inferiores en el triángulo (#012) para que el paralelogramo se mantenga, cual sea la posición del robot.

Formado a partir de una plancha de 272 mm de longitud por 94 mm de ancho y 20 mm de espesor.

El inmovilizador 2 está fabricado en aleación de aluminio 6082.

Masa: 0,437 Kg

Peso: 4,287 N

#### 1.10.17 TUBO LARGO (#018)

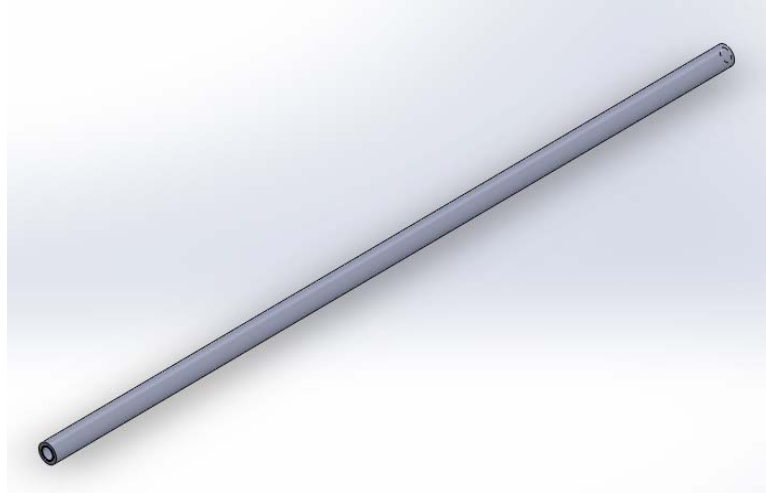


Figura 31: Vista del tubo largo.

Funciones:

- Formación de un lado del segundo paralelogramo del mecanismo de paralelogramos.

El tubo largo debe ser paralelo en todo momento con el tubo de la derecha (#007) ya que es uno de los lados del segundo paralelogramo que forma el mecanismo de paralelogramos. Está conectado a los ejes pequeños (#014) a través de espárragos y cabezas de rótula CRSGS en cada uno de sus extremos.

Su función es mantener el inmovilizador 2 (#017) siempre con la misma inclinación. En el mecanismo es muy importante que la distancia entre el eje 2 (#008) y el eje 1 (#015) sea la misma que entre los dos ejes pequeños unidos



**PROYECTO DE FIN DE CARRERA:  
"DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE  
TROQUELADO Y EMBUTICIÓN"**

por este tubo largo. De esta manera, independientemente de cuál sea la posición del tubo (#007), se mantendrá el paralelogramo.

Para solucionar este problema se ideó una solución sencilla y eficaz. Las roscas donde los espárragos están atornillados son en un lado a derechas y en el otro a izquierdas. De esta forma solo girando el tubo largo podemos incrementar o disminuir la distancia entre los ejes pequeños. Una vez conseguida la distancia deseada se aprietan las dos tuercas situadas en cada uno de los espárragos, una contra la superficie posterior de la cabeza de rótula y otra contra el tubo largo, bloqueando el movimiento del espárrago.

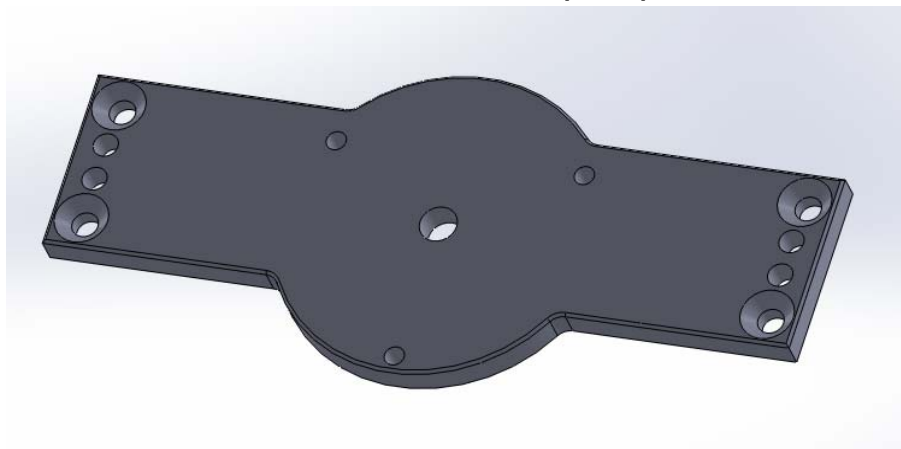
Formado a partir de una barra de 18 mm de diámetro y 700 mm de longitud.

Este tubo largo está fabricado en aleación de aluminio 6060.

Masa: 0,468 Kg

Peso: 4,591 N

#### **1.10.18 SOPORTE DEL SISTEMA DE VACÍO (#019)**



**Figura 32: Vista del soporte del sistema de vacío.**

Funciones:

- Conexión del sistema de vacío con el robot.

El sistema de vacío (un conjunto de ventosas) será montado en su soporte. Tras todas las referencias que hemos utilizado, debería estar perfectamente posicionado.

El agujero central se roscara con rosca G 1/8 donde se alojará la rosca de fijación del Racor LJK.

El soporte del sistema de vacío está conectado al inmovilizador 1 (#011) y al inmovilizador 2 (#017) por cuatro pasadores, tipo b, y cuatro tornillos (2 pasadores y 2 tornillos en cada lado). Las tolerancias de los pasadores y sus alojamientos son h8/H8. La distancia entre los pasadores en el mismo lado debe estar perfectamente definida por lo que la tolerancia lineal será de  $\pm 0.01$ mm respecto de la línea central que cruza el soporte.

Para que el sistema neumático no interfiera con el eje 1 (#015) el círculo central está desplazado.

Formado a partir de una plancha de 246 mm de longitud por 130 mm de ancho y 10 mm de espesor.

Este soporte está fabricado en aleación de aluminio 6082.

Masa: 0,450 Kg

Peso: 4,415 N

#### **1.10.19 MECANISMO DE PARALELOGRAMOS**

Funciones:

- Mantener el soporte del sistema de vacío en posición horizontal.

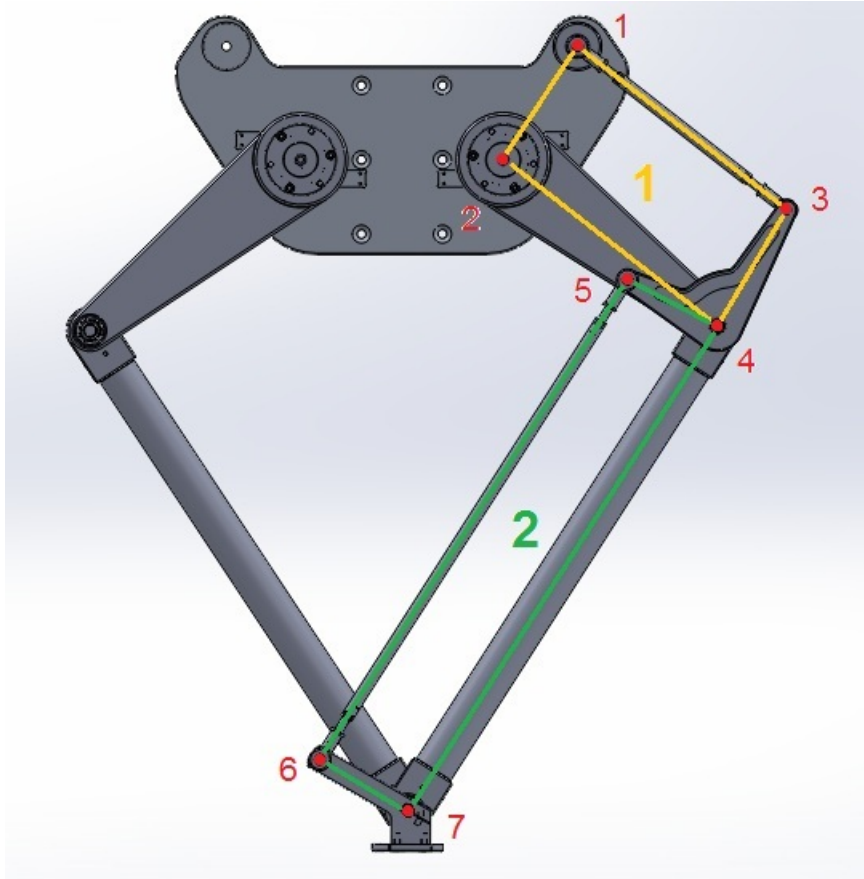
Este no es una pieza sino una agrupación, que conjuntamente trabaja para mantener paralela la superficie inferior de soporte del sistema de vacío (#019).

El diseño responde a la necesidad de horizontalidad con una solución puramente geométrica. Mediante dos paralelogramos cuyos lados tendrán en



**PROYECTO DE FIN DE CARRERA:  
"DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE  
TROQUELADO Y EMBUTICIÓN"**

todo momento una longitud constante y manteniendo la inclinación relativa de dos de estos lados (lado 3-4 perteneciente al paralelogramo 1 y 4-5 perteneciente al paralelogramo 2) conseguiremos dicha horizontalidad en la superficie del efector final.



**Figura 33: Esquema del mecanismo de paralelogramos.**

### 1.10.20 RODAMIENTO DE BOLAS CON CONTACTO ANGULAR



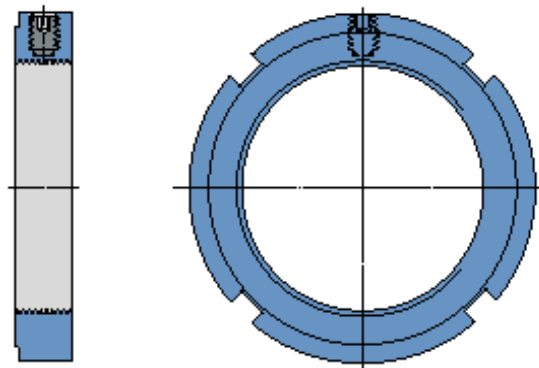
**Figura 34: Rodamiento de bolas con contacto angular.**

Funciones:

- Permitir el movimiento entre ejes y otros elementos con el menor rozamiento posible.

Serán adquiridos en SKF con referencia 7204BECBP. Serán montados back-to-back y la carga axial a aplicar con la tuerca de fijación para que trabaje correctamente será de cerca de 280 N (precarga clase b).

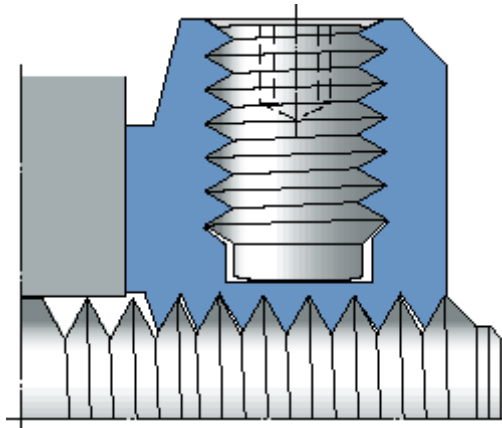
Las tuercas se fijarán mediante un tornillo introducido en la rosca de la tuerca que presionará la rosca del eje impidiendo a la tuerca girar. No será necesaria ni una arandela ni un chavetero.



**Figura 35: Sección de la tuerca de fijación.**



**PROYECTO DE FIN DE CARRERA:  
"DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE  
TROQUELADO Y EMBUTICIÓN"**



**Figura 36: Sistema de bloqueo de las tuercas de fijación.**

Masa del rodamiento: 0,11 Kg

Peso del rodamiento: 1,079 N

Masa de la tuerca de fijación: 0,031 Kg

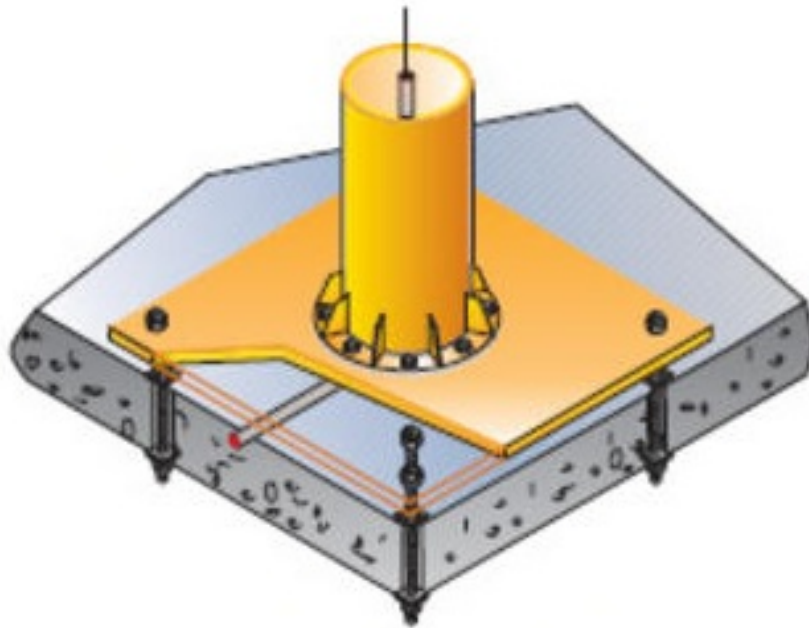
Peso de la tuerca de fijación: 0,304 N

### **1.10.21 PERFILES PARA ESTRUCTURA**

Funciones:

- Mantener el robot estable a una distancia de 1700 mm del suelo sobre los puntos de trabajo.

El robot se atornillará mediante 6 pernos a una estructura metálica formada por perfiles normalizados soldados entre si y que a su vez estará fijada al suelo mediante tornillos de cimentación.



**Figura 37: Sistema de fijación al suelo de la nave.**

El robot quedará suspendido a una altura de 1700mm desde el suelo hasta la parte inferior del soporte principal.





### 1.10.22 SERVOMOTOR

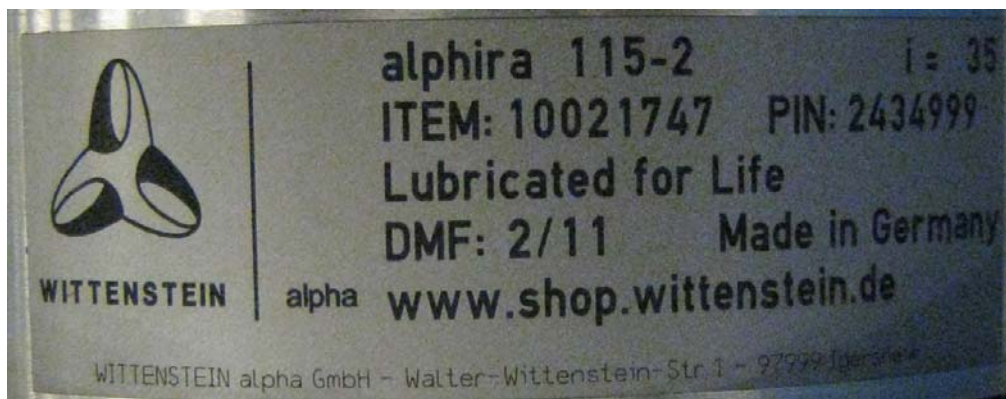


Figura 38: Servomotor montado.

Funciones:

- Generar el movimiento del robot (motor).
- Reducir la velocidad del motor para aumentar el par y la precisión en el movimiento (caja reductora).

Este actuador está formado por una caja reductora y un motor eléctrico. La caja reductora es una WITTENSTEIN CP 115-M02 con la siguiente placa de características:



**Figura 39: Placa de características de la caja reductora.**

Para las especificaciones completas consultar la figura 38 y tomar la columna de "i=35". En la figura 39 se muestran las medidas en el esquema. Ambos, cortesía de WITTENSTEIN.



**PROYECTO DE FIN DE CARRERA:**  
**“DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE TROQUELADO Y EMBUTICIÓN”**

			2-stage						
Ratio	<i>i</i>		16	20	25	35	50	70	100
Max. acceleration torque (max. 1000 cycles per hour)	$T_{2B}$	Nm	200	200	200	200	200	200	180
		in.lb	1770	1770	1770	1770	1770	1770	1593
Nominal output torque (with $n_{2N}$ )	$T_{2N}$	Nm	100	100	100	100	100	100	90
		in.lb	885	885	885	885	885	885	797
Emergency stop torque (permitted 1000 times during the service life of the gearhead)	$T_{2Not}$	Nm	480	480	480	480	480	480	480
		in.lb	4248	4248	4248	4248	4248	4248	4248
Nominal input speed (with $T_{2N}$ and 20°C ambient temperature) <sup>a)</sup>	$n_{1N}$	rpm	2600	2600	2600	2600	2600	2600	2600
Max. input speed	$n_{1Max}$	rpm	4800	4800	4800	4800	4800	4800	4800
Mean no load running torque (with $n_1 = 3000$ rpm and 20°C gearhead temperature)	$T_{012}$	Nm	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
		in.lb	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4
Max. torsional backlash	$j_t$	arcmin	≤ 25						
Torsional rigidity	$C_{t21}$	Nm/arcmin	16.5	16.5	16.5	16.5	16.5	16.5	14.5
		in.lb/arcmin	146	146	146	146	146	146	128
Max. axial force <sup>b)</sup>	$F_{2AMax}$	N	2100						
		lb <sub>f</sub>	472						
Max. radial force <sup>b)</sup>	$F_{2RMMax}$	N	1550						
		lb <sub>f</sub>	349						
Efficiency at full load	$\eta$	%	95						
Service life (For calculation, see the Chapter "Information")	$L_h$	h	> 20000						
Weight incl. standard adapter plate	$m$	kg	6.9						
		lb <sub>m</sub>	15.2						
Operating noise (with $n_1 = 3000$ rpm no load)	$L_{PA}$	dB(A)	≤ 72						
Max. permitted housing temperature		°C	+90						
		F	194						
Ambient temperature		°C	0 to +40						
		F	32 to 104						
Lubrication			Lubricated for life						
Paint			Alu, polished						
Direction of rotation			otor and gearhead same direction						
Protection class			IP 64						
Moment of inertia (relates to the drive)	$J_1$	kgcm <sup>2</sup>	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82
		10 <sup>-3</sup> in.lb.in <sup>2</sup>	1.61	1.61	1.61	1.61	1.61	1.61	1.61

<sup>a)</sup> For higher ambient temperatures, please reduce input speed

<sup>b)</sup> Relates to center of the output shaft or flange, at 100 rpm

**Figura 40: Tabla de características de la caja reductora.**

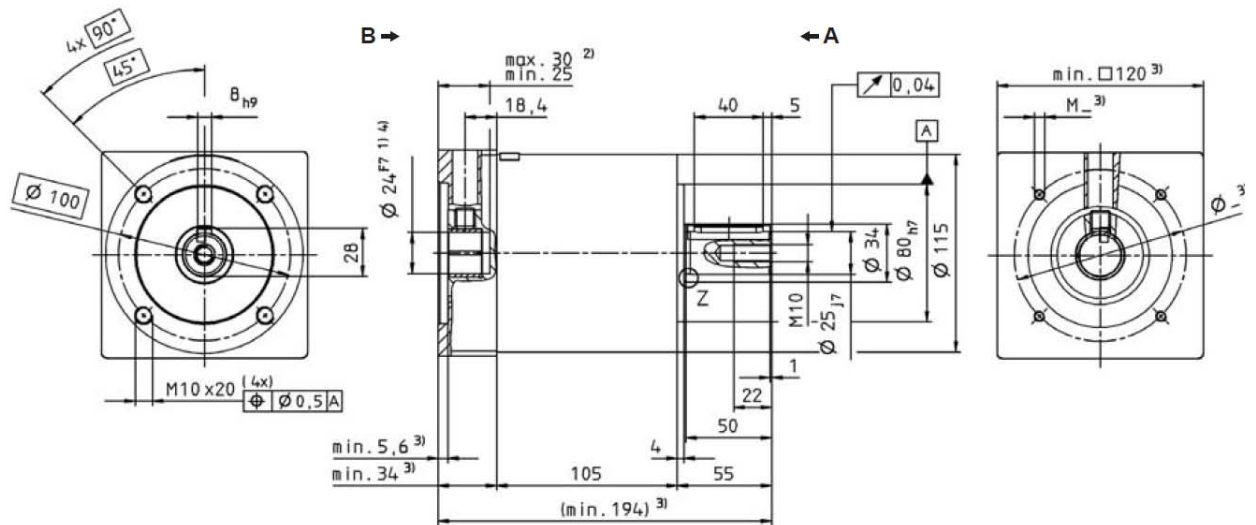


Figura 41: Esquema de la caja reductora.

El motor es un KOLLMORGEN AKM52K-ANC2R-00 con esta placa de características:

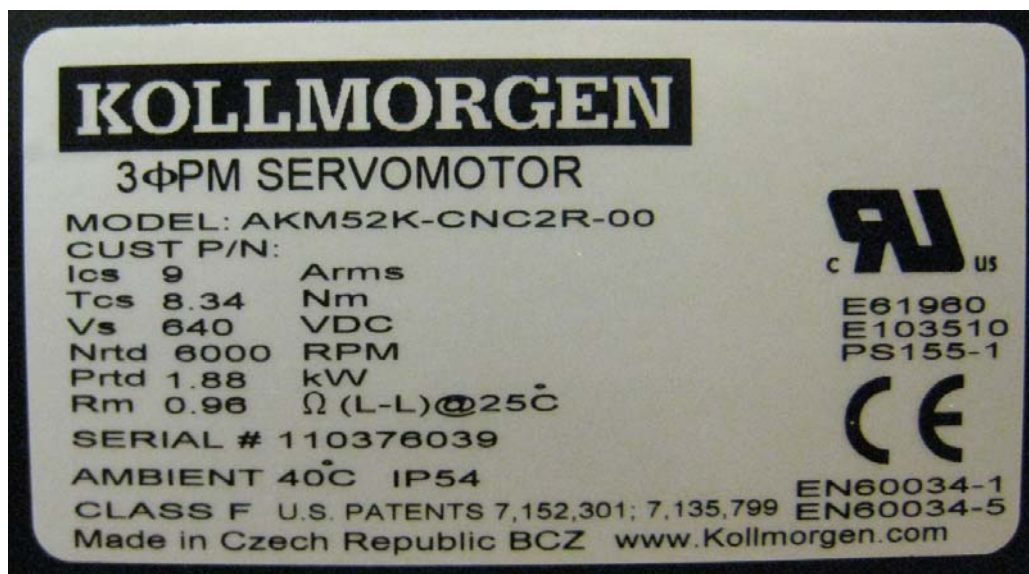
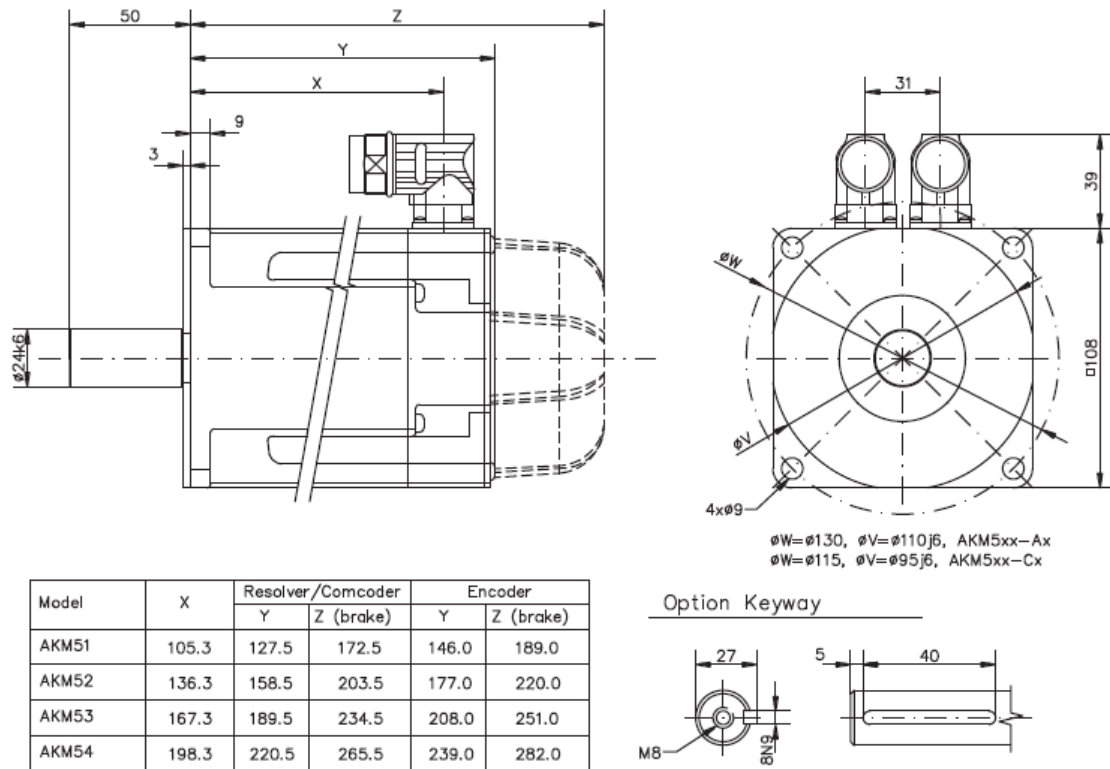


Figura 42: Placa de características del motor eléctrico.

Para ver las especificaciones completas consultar la figura 42 y tomar la columna de "52K". En la figura 41 se muestran las medidas en el esquema eligiendo la fila AKM52 de la tabla incluida. Ambos, cortesía de KOLLMORGEN.



**PROYECTO DE FIN DE CARRERA:**  
**“DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE TROQUELADO Y EMBUTICIÓN”**



**Figura 43: Esquema del motor.**

Data	Symbol [Unit]	AKM														
		51E	51G	51H	51K	52E	52G	52H	52K	52M	53G	53H	53K	53M	53P	
<b>Electrical data</b>																
Standstill torque*	$M_0$ [Nm]**	4,70	4,75	4,79	4,90	8,34	8,43	8,48	8,60	8,60	11,4	11,5	11,6	11,4	11,4	
Standstill current	$I_{0rms}$ [A]**	2,75	4,84	6	9,4	2,99	4,72	5,9	9,3	13,1	4,77	6,6	9,4	13,4	19,1	
max. Mains voltage	$U_N$ [VAC]	480														
$U_N = 75VDC$	Rated speed	$n_n$ [min <sup>-1</sup> ]	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	Rated torque*	$M_n$ [Nm]	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	Rated power	$P_n$ [kW]	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
$U_N = 115V$	Rated speed	$n_n$ [min <sup>-1</sup> ]	—	—	—	2500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	Rated torque*	$M_n$ [Nm]	—	—	—	4,15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	Rated power	$P_n$ [kW]	—	—	—	1,09	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
$U_N = 230V$	Rated speed	$n_n$ [min <sup>-1</sup> ]	1200	2500	3000	5500	—	1500	1800	3000	4500	1000	—	2000	3000	5000
	Rated torque*	$M_n$ [Nm]	4,41	4,02	3,87	2,35	—	7,69	7,53	6,80	5,20	10,7	—	10,1	8,72	5,88
	Rated power	$P_n$ [kW]	0,55	1,05	1,22	1,35	—	1,21	1,42	2,14	2,45	1,12	—	2,12	2,74	3,08
$U_N = 400V$	Rated speed	$n_n$ [min <sup>-1</sup> ]	2500	5000	6000	—	1500	2500	3500	5500	—	2000	3000	4000	—	—
	Rated torque*	$M_n$ [Nm]	3,98	2,62	1,95	—	7,61	7,06	6,26	3,90	—	9,85	8,83	7,65	—	—
	Rated power	$P_n$ [kW]	1,04	1,37	1,23	—	1,20	1,85	2,3	2,25	—	2,06	2,77	3,20	—	—
$U_N = 480V$	Rated speed	$n_n$ [min <sup>-1</sup> ]	3000	6000	6000	—	2000	3000	4000	6000	—	2400	3500	4500	—	—
	Rated torque*	$M_n$ [Nm]	3,80	1,94	1,95	—	7,28	6,66	5,77	3,25	—	9,50	8,23	6,85	—	—
	Rated power	$P_n$ [kW]	1,19	1,22	1,23	—	1,52	2,09	2,42	2,04	—	2,39	3,02	3,23	—	—
Peak current	$I_{0max}$ [A]	13,8	24,2	30	47	15	23,6	29,5	46,5	65,5	23,9	33	47	67	95,5	
Peak torque	$M_{0max}$ [Nm]	15,6	15,6	15,6	15,8	29,5	29,7	29,7	30	30	42,2	42,4	42,6	42,1	42,1	
Torque constant	$K_{Trms}$ [Nm/A]	1,72	0,99	0,8	0,52	2,79	1,79	1,44	0,93	0,66	2,39	1,75	1,24	0,85	0,60	
Voltage constant	$K_{Ems}$ [mV/min]	110	63,6	51,3	33,5	179	115	92,7	60,1	42,4	154	112	79,8	54,7	38,4	
Winding resistance Ph-Ph	$R_{25}$ [Ω]	8,98	2,87	1,97	0,75	8,96	3,70	2,35	0,96	0,49	3,97	2,1	1,06	0,51	0,28	
Winding inductance Ph-Ph	L [mH]	36,6	12,1	7,9	3,40	44,7	18,5	11,9	5,00	2,50	21,3	11,4	5,70	2,70	1,30	
<b>Mechanical data</b>																
Rotor moment of inertia	J [kgcm <sup>2</sup> ]	3,4			6,2			9,1								
Pole number		10			10			10								
Static friction torque	$M_R$ [Nm]	0,022			0,04			0,058								
Thermal time constant	$t_{TH}$ [min]	20			24			28								
Weight standard	G [kg]	4,2			5,8			7,4								
Radial load permitted	$F_R$ [N]	see p.99														
Axial load permitted	$F_A$ [N]	see p.99														

\* Reference flange Aluminium 305mm \* 305mm \* 12.7mm

\*\* Derating in case of built-in Encoder 6%, with built-in Encoder and Brake 10%

**Brake data**

Holding torque @ 120°C	$M_{BR}$ [Nm]	14.5	Release delay time	$t_{BRH}$ [ms]	80
Operating voltage	$U_{BR}$ [VDC]	24 ± 10 %	Application delay time	$t_{BRL}$ [ms]	15
Electrical power	$P_{BR}$ [W]	19.5	Weight of the brake	$G_{BR}$ [kg]	1.1
Moment of inertia	$J_{BR}$ [kgcm <sup>2</sup> ]	0.173	Typical backlash	[ °mech.]	0.31

Figura 44: Tabla de características del motor.

Masa: 6,9 Kg (cada caja reductora) y 5,8 Kg (cada motor)

Peso: 67,689 N (cada caja reductora) y 56,898 N (cada motor)

Masa del servomotor: 12,7 Kg (cada servomotor)

Peso del servomotor: 124,587 N (cada servomotor)



### 1.10.23 CABEZA DE RÓTULA Y CONTRATUERCA



Figura 45: Cabeza de rótula y contratuerca.

Funciones:

- Conectar los vértices de cada paralelogramo del mecanismo de paralelogramos con sus respectivos lados dando movilidad a estos.

Las cabezas de rótula asegurarán que los lados 1-3 y 5-6 del mecanismo de paralelogramos, puedan girar perfectamente sobre los ejes pequeños (#014). También serán responsables, junto con unas contratuercas, de fijar la distancia entre ejes pequeños y así asegurar el funcionamiento del mecanismo de paralelogramos.

El modelo elegido es el CRSGS M12 provisto por FESTO.

La figura 44 muestra el esquema de medidas del modelo.

## Cabezas de rótula CRSGS, acero inoxidable

FESTO

Hoja de datos

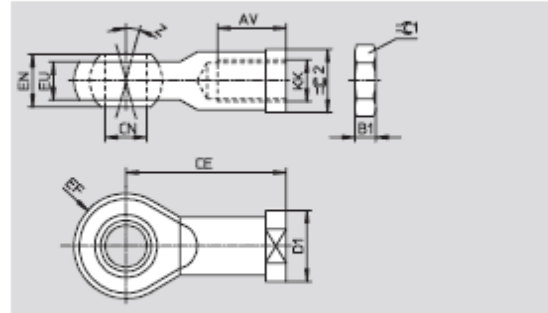
### Cabeza de rótula CRSGS

Dotación del suministro:

1 cabeza de rótula,  
1 tuerca hexagonal según DIN 439

Materia:

Acero de aleación fina



Dimensiones y datos para efectuar los pedidos								
KK	AV	B1	CE	CN ∅ H7	D1 ∅	EF ±0,5	EN	EU
M6	12	3,2	30	6	13	10	9	6,8
M8	16	4	36	8	16	12	12	9
M10x1,25	20	5	43	10	19	14	14	10,5
M12x1,25	22	6	50	12	22	16	16	12
M16x1,5	28	8	64	16	27	21	21	15
M20x1,5	33	10	77	20	34	25	25	18
M27x2	51	13,5	110	30	50	35	37	25

KK	Z [m]	≈∅1	≈∅2	ISO 12240-4 serie de dimensiones K	KBK <sup>1)</sup>	Peso [g]	Nº de artículo	Tipo
M6	13	10	11	■	4	25	195 580	CRSGS-M6
M8	13	13	14	■	4	45	195 581	CRSGS-M8
M10x1,25	13	17	17	-	4	70	195 582	CRSGS-M10x1,25
M12x1,25	13	19	19	-	4	105	195 583	CRSGS-M12x1,25
M16x1,5	15	24	22	-	4	210	195 584	CRSGS-M16x1,5
M20x1,5	15	30	30	■	4	380	195 585	CRSGS-M20x1,5
M27x2	15	41	41	-	4	1 300	195 586	CRSGS-M27x2

1) Clase de resistencia a la corrosión 4 según norma de Resto 940 070  
Piezas expuestas a gran peligro de corrosión. Piezas expuestas a sustancias agresivas, por ejemplo en la industria alimentaria o química. Si procede, deben realizarse pruebas especiales con las sustancias presentes en estas aplicaciones.

Figura 46: Tabla y esquema de las medidas de la cabeza de rótula.

Masa: 0,105 Kg

Peso: 1,03 N

### 1.10.24 SENSORES CAPACITIVOS

Funciones:

- Marcar los límites de posición.





**PROYECTO DE FIN DE CARRERA:  
"DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE  
TROQUELADO Y EMBUTICIÓN"**

- Detener el robot si alcanza estos límites.

Los sensores capacitivos (KAS) reaccionan ante metales y no metales que al aproximarse a la superficie activa sobrepasan una determinada capacidad. La distancia de conexión respecto a un determinado material es tanto mayor cuanto más elevada sea su constante dieléctrica.

En nuestro caso serán elegidos cuatro sensores con medidas aptas para los rebajes realizados en el soporte principal (#001).

### **1.10.25 SISTEMA DE VACIO**

Funciones:

- Crear una succión para el transporte de la pletina desde el punto de recogida hasta la línea de alimentación.

Nuestro robot está equipado con una ventosa neumática como final del sistema de vacío, con objetivo de ser la encargada de recoger las pletinas desde el punto de recogida (un palé) y transportarla hasta el punto donde comienza la línea de alimentación del troquel.

Esta ventosa estará ubicada debajo del soporte para sistema de vacío mediante un Racor LJK fijado en su agujero central mediante una rosca G 1/8.

Se eligió que la ventosa fuera de Poliuretano ya que este material posee una gran duración y un tratamiento muy cuidadoso de las pletinas que iba a manipular. Además en igualdad de condiciones se generaba una mayor fuerza de succión que otros materiales como la silicona.

Se decidió utilizar un sistema de ventosa de fuelle para que no peligrasen la pletinas ante un acercamiento excesivo del robot y asegurásemos el contacto entre estas y la ventosa a la hora de realizar el vacío.

### **1.10.26 ELEMENTOS DE FIJACIÓN**

Para el montaje del robot es necesario un elevado número de elementos de fijación y son los siguientes:

- Perno de cabeza cilíndrica M 8 x 1 x 22 – DIN 912 – m – 8.8

Masa: 0,016 Kg

Peso: 0,157 N

- Perno de cabeza cilíndrica M 8 x 1 x 40 – DIN 912 – m – 8.8

Masa: 0,021 Kg

Peso: 0,206 N

- Perno de cabeza cilíndrica M 10 x 1,25 x 40 – DIN 912 – m – 8.8

Masa: 0,038 Kg

Peso: 0,373 N

- Perno de cabeza plana avellanada M 8 x 1 x 20 – DIN 7991 – m – 8.8

Masa: 0,010 Kg

Peso: 0,981 N

- Perno de cabeza plana avellanada M 12 x 1.75 x 55 – DIN 7991 – m – 8.8

Masa: 0,057 Kg

Peso: 0,559 N

- Perno de cabeza plana avellanada M 8 x 1 x 25 – DIN 7991 – m – 8.8

Masa: 0,012 Kg

Peso: 0,118 N

- Pasadores cilíndricos EN 22338 – B – 6 – 12 – St



**PROYECTO DE FIN DE CARRERA:  
"DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE  
TROQUELADO Y EMBUTICIÓN"**

Masa: 0,003 Kg

Peso: 0,029 N

- Pasadores cilíndricos EN 22338 – B – 8 – 40 – St

Masa: 0,015 Kg

Peso: 0,147 N

- Pasadores cilíndricos EN 22338 – B – 8 – 25 – St

Masa: 0,010 Kg

Peso: 0,981 N

- Espárragos largos M12 x 1,25 – M12-LH x 1,25 x 45 UNE 17085

Masa: 0,062 Kg

Peso: 0,608 N

- Espárragos largos M12 x 1,25 – M12 x 1,25 x 45 UNE 17085

Masa: 0,062 Kg

Peso: 0,608 N

- Anillos elásticos de seguridad 12 UNE 26074

Masa: 0,00053 Kg

Peso: 0,0052 N

- Arandelas de muelle A 10 DIN 127

Masa: 0,003 Kg

Peso: 0,029 N

Las cantidades de cada uno están indicadas en el presupuesto en la sección de elementos de fijación.

### 1.11 FUNCIONAMIENTO

El proceso de alimentación consta de tres fases:

- Recogida:

La primera fase constará de la recogida del elemento con el que vamos a alimentar el troquel.

Cuando las pletinas de aluminio están posicionadas en el punto inicial de recogida el robot desplaza su efector o ventosa encima de dicho punto. Cuando el efecto está sobre las pletinas desciende hasta que la ventosa entra en contacto con la primera pletina del montón.

Mediante el sistema de vacío la pletina queda fijada a la ventosa y lista para la siguiente fase.

Esta fase es la única que varía dependiendo de la cantidad de pletinas que queden amontonadas debido a la variación de la posición de estas.

- Transporte y posicionamiento:

Una vez la pletina está fijada a la ventosa se desplaza hasta el punto final donde espera la línea de alimentación del troquel. Cuando el robot llega al punto, desciende hasta quedarse a escasos milímetro de la línea. El sistema de vacío vuelve a entrar en juego para dar paso a la última fase.

- Deposito:

Cuando el brazo ha descendido lo suficiente el sistema de vacío deja de producir dicho vacío y la pletina desciende por gravedad sobre la línea de alimentación, iniciando su movimiento hacia el troquel.



## 1.12 ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

### 1.12.1 INFORMACIÓN GENERAL

#### 1.12.1.1 INTRODUCCIÓN

El Real Decreto 1627/1997 de 24 de Octubre, por el que se establece disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras, establece en el apartado 2 del Artículo 4 que en los proyectos de obra no incluidos en los supuestos previstos en el apartado 1 del mismo Artículo, el promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un Estudio Básico de Seguridad y Salud.

La Ley de Prevención de Riesgos Laborales (Ley 31/1995 de 8 de noviembre), obliga al empresario a adoptar todas las medidas necesarias con el fin de garantizar una política de protección de la seguridad y la salud eficaz, de todos trabajadores que componen la plantilla de la empresa en todos los aspectos relacionados con el trabajo.

Independientemente de sus distintas características, tamaño, localización, etc., cada empresa, puede y debe tener organizada la prevención. Esta necesidad de contar con una organización de la seguridad, viene dada por imperativo legal que demanda de la legislación actual, especialmente de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

La mencionada Ley, determina el marco por el que han de regirse las empresas en todo lo relacionado con la prevención de riesgos, teniendo, entre otros objetivos, el de promover la seguridad y la salud de los trabajadores mediante la aplicación de medidas y el desarrollo de las actividades necesarias para tal fin.

A esta Ley de Prevención, hay que añadir el Reglamento de Seguridad en las máquinas, debido a nuestro proyecto, Real Decreto 1495/1986, de 26 de

mayo, por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad en las Máquinas. B.O.E. nº 173 21 de julio de 1986, dirigido a prevenir los riesgos derivados de la utilización de maquinarias, en los centros de trabajo, determina la necesidad de que, mediante la correspondiente norma complementaria se establezcan los requisitos y procedimientos que permitan una mayor seguridad en la utilización de maquinarias.

### **1.12.1.2 OBJETO DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD**

Conforme se especifica en el apartado 2 del Artículo 6 del R.D. 1627/1997, el Estudio Básico deberá precisar:

- Las normas de seguridad y salud aplicables en la obra.
- La identificación de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias.
- Relación de los riesgos laborales que no pueden eliminarse conforme a lo señalado anteriormente especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir riesgos valorando su eficacia, en especial cuando se propongan medidas alternativas (en su caso, se tendrá en cuenta cualquier tipo de actividad que se lleve a cabo en la misma y contendrá medidas específicas relativas a los trabajos incluidos en uno o varios de los apartados del Anexo II del Real Decreto.)
- Previsiones e informaciones útiles para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores.

### **1.12.1.3 DATOS DEL PROYECTO DE OBRA**

#### **TIPO DE OBRA**

Instalación de un robot paralelo Delta 2 en la fábrica de UNASA S.L. en Valladolid, que se utilizará en el desplazamiento de pletinas de aluminio para la alimentación de un troquel y una embudidora, con posible modificación posterior.



**PROYECTO DE FIN DE CARRERA:  
"DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE  
TROQUELADO Y EMBUTICIÓN"**

**SITUACIÓN**

Valladolid.

**PROMOTOR**

Alfonso Santos Aberturas.

**PROYECTISTA**

Ingeniero Técnico Mecánico: Alfonso Santos Aberturas.

**COORDINADOR DE SEGURIDAD Y SALUD EN FASE DE  
PROYECTO**

El jefe de obra.

**PLAZO DE EJECUCIÓN**

El plazo que se ha estimado va a durar la ejecución de la instalación objeto del proyecto es de 2 días.

**PERSONAL**

La instalación será ejecutada por 4 operarios.

**RIESGOS A TERCEROS**

En el plazo de ejecución del montaje del robot, se tendrá en cuenta la precaución de señalizar y advertir la existencia de la obra.

**1.12.2 NORMAS DE SEGURIDAD APLICABLES:**

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre Señalización de seguridad en el trabajo.
- Real Decreto 487/1.997 de 14 de abril, sobre Manipulación de cargas.
- Real Decreto 773/1.997 de 30 de mayo, sobre Utilización de Equipos de Protección Individual.
- Real Decreto 39/1.997 de 17 de enero, Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto 1215/1.997 de 18 de julio, sobre Utilización de Equipos de Trabajo.
- Real Decreto 1627/1.997 de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Real Decreto 1495/1986, de 26 de mayo, que es el Reglamento de Seguridad de las máquinas.
- Estatuto de los Trabajadores (Ley 8/1.980, Ley 32/1.984, Ley 11/1.994).
- Ordenanza de Trabajo de la Construcción, Vidrio y Cerámica (O.M. 28-8-70, O.M. 28-07-77, O.M. 4-07-83, en los títulos no derogados).

### **1.12.3 NORMAS DE SEGURIDAD DE MÁQUINAS**

- Se ha de acreditar el cumplimiento de seguridad en las máquinas, cumpliendo las condiciones necesarias para el empleo previsto.
- Todo deberá estar completamente homologado en la fabricación de las máquinas y se llevará a efecto de acuerdo con lo establecido en el capítulo v del reglamento aprobado por el Real Decreto 2584/1981, de 18 de septiembre.
- Siempre ha de haber una conformidad de la producción, que se hará de acuerdo al Real Decreto 2584/1981.





**PROYECTO DE FIN DE CARRERA:  
"DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE  
TROQUELADO Y EMBUTICIÓN"**

- Las modificaciones que se deseen introducir por el fabricante en un tipo homologado se harán de acuerdo con lo dispuesto en el Real Decreto 2584/1981.

#### **1.12.4 OBLIGACIONES**

##### **1.12.4.1 OBLIGACIONES DE FABRICANTES E IMPORTADORES**

###### **Artículo 8:**

- Las ITC de este reglamento podrán exigir a los fabricantes nacionales e importadores el cumplimiento de determinadas prescripciones técnicas y la posesión de un mínimo de medios para el cumplimiento de dichas condiciones.
- Los fabricantes nacionales deberán estar inscritos en el registro industrial del órgano territorial competente de la administración pública.
- Los fabricantes nacionales deberán estar inscritos en el registro industrial del órgano territorial competente de la administración pública.
- Los citados fabricantes e importadores, además de las obligaciones que se indiquen en las ITC, tendrán las siguientes:

Llevarán un registro de las máquinas o elementos de las máquinas que fabriquen o importen. En dicho registro deberá consignarse la factoría donde se ha construido la máquina o elemento de máquina, la partida a que corresponde y la fecha de su fabricación.

Se responsabilizará de que los productos fabricados o importados por ellos cumplen las condiciones reglamentarias.

Cada máquina o elemento de máquina irá acompañado de las correspondientes instrucciones de montaje, uso y mantenimiento a que se refiere en el artículo 15, así como de las medidas preventivas de accidentes.

#### **1.12.4.2 OBLIGACIONES DE PROYECTISTAS**

##### **Artículo 9:**

Tendrán como obligaciones generales, además de las particulares que se fijen en cada ITC, las siguientes:

- Definir de forma correcta y precisa el producto industrial, haciendo constar: los datos básicos de partida, especificación de materiales, desarrollo de los cálculos que se señalen en cada normativa y pruebas y controles que deban realizarse, poniendo de manifiesto que el proyecto cumple la legislación vigente y, en especial, todo lo relativo a las normas y elementos de seguridad.
- Si se trata de empresa de ingeniería, deberá justificar estar inscrita en el registro de sociedades de ingeniería y consultoras.
- Si se trata de empresa de ingeniería extranjera, deberá tener autorizado el correspondiente contrato de asistencia técnica suscrito con el fabricante o con alguna empresa de ingeniería española.

#### **1.12.4.3 OBLIGACIONES DE REPARADORES**

##### **Artículo 10:**

- Deberán estar inscritos como tales en el órgano territorial competente de la administración pública, para lo cual deberán cumplir, además de las que se prescriben en las distintas ITC, las siguientes obligaciones:
  - Responsabilizarse de que las reparaciones efectuadas por los mismos cumplan las condiciones exigidas en los reglamentos de seguridad.
  - Disponer de los medios técnicos adecuados que se señalen en la ITC correspondientes.
  - Relacionar documentalmente los trabajos efectuados.
- Ninguna reparación podrá modificar el diseño básico en cuanto se refiere a condiciones de seguridad del elemento reparado, sin justificación previa y autorización, en su caso, del órgano territorial competente de la administración pública.



**PROYECTO DE FIN DE CARRERA:  
"DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE  
TROQUELADO Y EMBUTICIÓN"**

- Todas las empresas fabricantes quedarán automáticamente inscritas como empresas reparadoras.

#### **1.12.4.4 OBLIGACIONES DE INSTALADORES**

##### **Artículo 11:**

Sin perjuicio de las atribuciones específicas concedidas por el estado a los técnicos titulados, las instalaciones podrán ser realizadas por personas físicas o jurídicas que acrediten cumplir las condiciones requeridas en cada ITC para ejercer como instaladores autorizados, en todo caso, estar inscritos en el órgano territorial competente de la administración pública, para lo cual cumplirá, como mínimo, los siguientes requisitos:

- Poseer los medios técnicos y humanos que se especifiquen en cada ITC.
- Tener cubierta la responsabilidad civil que pueda derivarse de su actuación mediante la correspondiente póliza de seguros.
- Responsabilizarse de que la ejecución de las instalaciones se efectúa de acuerdo con las normas reglamentarias de seguridad y que han sido efectuadas con resultado satisfactorio las pruebas y ensayos exigidos.

#### **1.12.4.5 OBLIGACIONES DE LOS CONSERVADORES**

##### **Artículo 12:**

Los conservadores que podrán ser personas físicas o jurídicas, deberán estar inscritos en el órgano territorial competente de la administración pública y tendrán como obligaciones, además de las que se exijan en las distintas ITC, las siguientes:

- Poseer los medios técnicos y humanos que se especifiquen en cada ITC.
- Responsabilizarse de que los equipos o instalaciones que les sean encomendados cumplen en todo momento las condiciones de funcionamiento seguro, efectuando aquellas revisiones que sean prescritas reglamentariamente y estando a disposición del usuario para atender las revisiones que pudieran presentarse o para las que sea requerido.

- Interrumpir el funcionamiento de cualquier máquina que presente anomalías cuando éstas supongan riesgos de accidente hasta que se efectúe la necesaria reparación, comunicándolo inmediatamente a su titular.
- Comunicar por escrito al titular de la instalación o del equipo de que se trate las reparaciones que considere necesarias, así como el plazo en que deben efectuarse cuando se presente anomalías que, sin suponer un riesgo inminente, puedan suponer un riesgo potencial.
- Tener cubierta la responsabilidad civil que pueda derivarse de su actuación mediante la correspondiente póliza de seguros.
- Las incidencias comprendidas en los incisos cuarto y quinto anteriores se comunicarán, asimismo, al órgano territorial competente de la administración pública, que adoptará las decisiones que estime convenientes, previa audiencia del interesado, pudiendo llegar incluso al cierre de las instalaciones en tanto no sean subsanadas las citadas deficiencias.

#### **1.12.4.6 OBLIGACIONES DE USUARIOS:**

##### **Artículo 13:**

- Los usuarios de máquinas o elementos incluidos en este reglamento están obligados a no utilizar más que aquellos que cumplan las especificaciones establecidas en el mismo. Con dicho objeto, antes de adquirirlas deberán exigir al vendedor, importador o cedente una justificación de que están debidamente homologados o, en otro caso, certificado de que cumplen las especificaciones exigidas por este reglamento y sus ITC.

Además, tendrán las siguientes obligaciones:

- Mantener, o en su caso, contratar el mantenimiento de las máquinas de que se trate, de tal forma que se conserven las condiciones de seguridad exigidas.
- Impedir su utilización, cuando, directa o indirectamente, tenga conocimiento de que no ofrecen las debidas garantías de seguridad para las personas o los bienes.



#### PROYECTO DE FIN DE CARRERA:

#### “DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE TROQUELADO Y EMBUTICIÓN”

- Responsabilizarse de que las revisiones e inspecciones reglamentarias se efectúan en los plazos fijados.
- Conservar las instrucciones a las que se refiere el artículo 15 y demás documentos o certificados exigidos.
- Los usuarios podrán instalar, reparar y conservar sus máquinas si poseen medios humanos y materiales necesarios para ello, en los términos que establezca la correspondiente ITC.

### 1.12.5 IDENTIFICACIÓN DE LA MÁQUINA E INSTRUCCIONES DE USO

#### 1.12.5.1 PLACAS, ETIQUETAS E INSTRUCCIONES DE USO

##### Artículo 14:

- Toda máquina, equipo o sistema de protección incluido en este reglamento y sus ITA debe ir acompañado de unas instrucciones de uso extendidas por el fabricante o importador, en las cuales figuraran las especificaciones de mantenimiento, instalación y utilización, así como las normas de seguridad y cualesquiera otras instrucciones que de forma específica sean exigidas en las correspondientes ITC.
- Estas instrucciones incluirán los planos y esquemas necesarios para el mantenimiento y verificación técnica, estarán redactadas al menos en castellano, y se ajustaran a las normas UNE que les sean de aplicación.
- Llevaran, además, una placa en la cual figuraran como mínimo los siguientes datos, escritos al menos en castellano:
  - Nombre del fabricante o su representante legal, o el importador.
  - Año de fabricación y o suministro.
  - Potencia en Kw.
  - Contraseña de homologación, si procede.

Estas placas serán hechas de materiales duraderos y se fijaran sólidamente, procurándose que sus inscripciones sean fácilmente legibles una vez esté la máquina instalada.

No obstante lo indicado con anterioridad, y cuando así lo disponga la ITC correspondiente, las placas podrán indicar, cuando proceda, el nombre del arrendador, vendedor o cedente.

### **1.12.6 INSTALACIÓN Y PUESTA EN SERVICIO**

#### **Artículo 15:**

- La instalación de las máquinas, elementos o sistemas de protección incluidos en este reglamento, requerirá, cuando lo especifique la ITA correspondiente, la presentación de un proyecto ante el órgano territorial competente de la administración pública, siguiéndose para ello el procedimiento establecido en el Real Decreto 2135/1980, de 26 de septiembre, que regula la liberación en materia de instalación, ampliación y traslado de industrias.

#### **Artículo 16:**

- La puesta en funcionamiento se efectuara igualmente de acuerdo con lo previsto en el Real Decreto 2135/1981, mencionado en el artículo anterior, no precisando otro requisito que la presentación ante el órgano territorial competente de la administración pública de un certificado expedido por técnico competente en el que se ponga de manifiesto la adaptación de la obra al proyecto y cumplimiento de las condiciones técnicas y prescripciones establecidas por este reglamento y sus ITC.

### **1.12.7 INSPECCIONES Y REVISIONES PERIÓDICAS**

#### **Artículo 17:**

- Las instrucciones técnicas complementarias especificaran las inspecciones con carácter oficial exigidas para cada tipo de máquinas y las revisiones no oficiales, necesarias para comprobar que siguen conservándose las condiciones de seguridad.
- Las inspecciones de carácter oficial se llevaran a efecto por el órgano territorial competente de la administración pública, o si este así lo establece, por una entidad colaboradora en el campo de la seguridad industrial, pero en todo caso los certificados de inspección serán emitidos por el órgano territorial de la administración pública, a la vista de las actas de revisión extendidas por dichas entidades y después de la supervisión de las mismas.



**PROYECTO DE FIN DE CARRERA:  
"DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE  
TROQUELADO Y EMBUTICIÓN"**

- Si como resultado de las inspecciones a que se refiere el apartado anterior se observara un peligro manifiesto o un excesivo riesgo potencias el órgano territorial competente de la administración pública adoptara las medidas necesarias para eliminar o reducir dicho peligro o riesgo, pudiendo llegar hasta la paralización de la máquina de que se trate en tanto no sean subsanadas dichas deficiencias, para lo cual requerirá al titular de la misma a fin de que realice los trabajos necesarios.
- El órgano territorial competente de la administración pública llevara un registro de máquinas sujetas a inspecciones oficiales periódicas con los datos fundamentales en cada una, inspecciones efectuadas e incidencias surgidas en su funcionamiento, pudiendo contar para ello con la ayuda de las entidades colaboradoras en el campo de la seguridad industrial.
- Deberá por otra parte quedar constancia, en la industria y que están instaladas las máquinas, de las revisiones no oficiales exigidas por las ITA con indicación del técnico que las ha llevado a efecto y de sus resultados.

### **1.12.8 REGLAS GENERALES DE SEGURIDAD**

#### **Artículo 19:**

Las máquinas, elementos constitutivos de estas o aparatos acoplados a ellas estarán diseñados y construidos de forma que las personas no estén expuestos a sus peligros cuando su montaje, utilización y mantenimiento se efectúa conforme a las condiciones previstas por el fabricante.

#### **ROTURAS EN SERVICIO**

#### **Artículo 20:**

Las diferentes partes de las máquinas así como sus elementos a que vayan a estar sometidos, así como cualquier otra influencia externa o interna que puedan presentarse en las condiciones normales de utilización previstas.

#### **SUJECCIÓN DE CIERTAS PARTES DE LA MÁQUINA**

#### **Artículo 21:**

Cuando existan partes de la máquina cuya pérdida de sujeción pueda dar lugar a peligros, deberán tomarse precauciones adicionales para evitar que dichas partes puedan incidir sobre las personas.

### **ROTURA O PROYECCIÓN DE FRAGMENTOS DE ELEMENTOS GIRATORIOS**

#### **Artículo 22:**

En las máquinas provistas de elementos giratorios cuya rotura o desprendimiento pueda originar daños, deberá montarse o dotarse de un sistema de protección complementario que retenga los posibles fragmentos impidiendo su incidencia sobre las personas.

### **CAÍDAS DE LA MÁQUINA O PARTES DE ESTA POR PÉRDIDA DE ESTABILIDAD**

#### **Artículo 23:**

Para evitar la pérdida de estabilidad de la máquina, especialmente durante su funcionamiento normal, se tomarán las medidas técnicas adecuadas, de acuerdo con las condiciones de instalación y de utilización previstas por el fabricante.

### **ARISTAS AGUDAS O CORTANTES**

#### **Artículo 24:**

En las partes accesibles de las máquinas no deberán existir aristas agudas o cortantes que puedan producir heridas.

### **CAÍDAS DE LAS PERSONAS A DISTINTO NIVEL**

#### **Artículo 25:**

Las áreas de trabajo o zonas donde sea necesaria la visita de personal para efectuar operaciones tales como inspección, regulación o mantenimiento y que estén a un nivel superior al del suelo y entrañen peligro en caso de caída estarán provistas de plataformas de trabajo, con accesos adecuados, dotados ambos con sistemas de protección que impidan la caída.





#### **Artículo 26:**

Las superficies de las máquinas que puedan producir daños a las personas por contacto directo con ellas debidos a su elevada o baja temperatura, deberán estar adecuadamente protegidas.

#### **Artículo 27:**

En las máquinas o aparatos destinados al trabajo de productos o materiales que produzcan gases, vapores, polvos o residuos inflamables, deben tomarse las medidas necesarias para evitar incendios o explosiones. Este artículo no es aplicable en nuestro proyecto.

### **PROYECCIÓN DE FINCAS, PARTICULAS, GASES O VAPORES**

#### **Artículo 28:**

Se tomaran las medidas adecuadas para evitar que la proyección de líquidos, gases, vapores o sólidos pueda producir daños a las personas.

### **SUJECCIÓN DE LAS PIEZAS A TRABAJAR**

#### **Artículo 29:**

Las piezas a trabajar deberán estar convenientemente sujetas, de forma que al funcionar la máquina la falta de sujeción de las mismas o del propio elemento de sujeción no pueda dar lugar a daños a las personas.

### **ORGANOS DE TRANSMISIÓN**

#### **Artículo 30:**

Los elementos móviles de las máquinas y de los aparatos utilizados para la transmisión de energía o movimiento deben concebirse, construirse, disponerse o protegerse de forma que prevengan todo peligro de contacto que pueda originar accidentes.

## **ELEMENTOS DE TRABAJO Y PIEZAS MÓVILES**

### **Artículo 31:**

Siempre que sea factible, los elementos móviles de las máquinas o aparatos que ejecutan el trabajo y, en su caso, los materiales o piezas a trabajar, deben concebirse, construirse, disponerse y o mandarse de forma no impliquen peligro para las personas.

## **MÁQUINAS O PARTE DE ELLAS QUE TRABAJEN INTERDEPENDIENTEMENTE**

### **Artículo 32:**

Cuando la instalación está constituida por un conjunto de máquinas o una máquina está formada por diversas partes que trabajan de forma interdependiente, y es necesario efectuar pruebas individuales del trabajo que ejecutan dichas máquinas o algunas de sus partes, la protección general del conjunto se hará sin perjuicio de que cada máquina o parte de ella disponga de un sistema de protección adecuado.

## **MÁQUINAS QUE PUEDEN SER UTILIZADAS O MANDADAS DE DIVERSAS FORMAS**

### **Artículo 33:**

Cuando la máquina este diseñada para ser utilizada o mandada de diferentes maneras, y sea necesario un sistema de protección diferente, para cada forma de utilización o mando deberá estar dotada con los sistemas de protección adecuados a las diferentes formas de utilización o mando previstas por el fabricante.

## **ALIMENTACIÓN POR ENERGÍA ELÉCTRICA**

### **Artículo 34:**

Las máquinas alimentadas con energía eléctrica deberán proyectarse, construirse, equiparse, mantenerse y, en caso necesario, dotarse de adecuados sistemas de protección de forma que se prevengan los peligros de origen eléctrico.



## **FUGAS DE GASES O LÍQUIDOS SOMETIDOS A PRESIÓN**

### **Artículo 35:**

Las máquinas y aparatos o sus partes, sometidos a presión (tuberías, juntas, bridas, racores, elementos de mando u otras), estarán diseñados, construidos y, en su caso, mantenidos, de forma que, teniendo en cuenta las propiedades físicas o químicas de los gases o líquidos sometidos a presión, se eviten daños a las personas por fugas o roturas.

## **AGENTES FÍSICOS Y QUÍMICOS**

### **Artículo 36:**

- Las máquinas o aparatos en los que durante su trabajo normal se produzcan emisiones de polvo, gases o vapores que puedan ser perjudiciales para la salud de las personas, deberán ir provistos de sistemas eficaces de captación de dichos contaminantes acoplados a sistemas de evacuación de los mismos.
- Las máquinas o aparatos capaces de emitir radiaciones ionizantes u otras que puedan afectar a la salud de las personas estarán provistas de sistemas de protección eficaces.
- Las máquinas deberán diseñarse, construirse, montarse, protegerse y, en caso necesario, mantenerse para amortiguar los ruidos y las vibraciones producidos a fin de no ocasionar daños para la salud de las personas. En cualquier caso, se evitara la emisión por las mismas de ruidos de nivel superior a los límites establecidos por la normativa vigente en cada momento.

## **DISEÑO Y CONSTRUCCION DE LAS MÁQUINAS ATENDIENDO A CRITERIOS ERGONÓMICOS**

### **Artículo 37:**

Las máquinas o aparatos estarán diseñados y construidos atendiendo a criterios ergonómicos, tales como, la concepción de:

- Espacio de trabajo y medios de trabajo.
- Ambiente de trabajo.
- Procesos de trabajo.

## **PUESTO DE MANDOS DE LAS MÁQUINAS**

### **Artículo 38:**

Los puestos de mando de las máquinas deben ser fácilmente accesibles para los trabajadores, y estar situados fuera de toda zona donde puedan existir peligros para los mismos. Desde dicha zona y estando en posición de accionar los mandos, el trabajador debe tener la mayor visibilidad posible de la máquina, en especial de sus partes peligrosas.

## **PUESTA EN MARCHA DE LAS MÁQUINAS**

### **Artículo 39:**

- La puesta en marcha de la máquina solo será posible cuando estén garantizadas las condiciones de seguridad para las personas que para la propia máquina.
- La puesta en marcha de la máquina si puede implicar peligro, solo será posible por una acción voluntaria del operador sobre los adecuados órganos de marcha. Si se trata de máquinas de funcionamiento automático deberá dotarse a las mismas de suficientes elementos de seguridad.
- Los órganos de puesta en marcha deben ser fácilmente accesibles para los trabajadores, estar situados lejos de zonas de peligro, y protegidos de forma que se eviten accionamientos involuntarios.
- Si una máquina se para aunque sea momentáneamente por un fallo en su alimentación de energía, y su puesta en marcha inesperada pueda suponer peligro, no podrá ponerse en marcha automáticamente al ser restablecida la alimentación de energía.
- Si la parada de una máquina se produce por la actuación de un sistema de protección, la nueva puesta en marcha solo será después de restablecidas las condiciones de seguridad y previo accionamiento del órgano que ordena la puesta en marcha.
- Las máquinas o conjunto de ellas en que desde el puesto de mando no puede verse su totalidad y pueden suponer peligro para las personas en su puesta en marcha, se dotaran de alarma adecuada que sea fácilmente perceptible por las personas. Dicha alarma actuando en tiempo adecuado procederá a la puesta en marcha de la máquina y se



**PROYECTO DE FIN DE CARRERA:  
"DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE  
TROQUELADO Y EMBUTICIÓN"**

conectara de forma automática al pulsar los órganos de puesta en marcha.

## **DESCONEXIÓN DE LA MÁQUINA**

### **Artículo 40:**

En toda máquina debe existir un dispositivo manual que permita al final de su utilización su puesta en condiciones de la mayor seguridad (máquina parada). Este dispositivo debe asegurar en una sola maniobra la interrupción de todas las funciones de la máquina, salvo que la anulación de alguna de ellas pueda dar lugar a peligro para las personas, o daños a la máquina. En este caso tal función podrá ser mantenida o bien diferida su desconexión hasta que no exista peligro.

## **PARADA DE EMERGENCIA**

### **Artículo 41:**

Toda máquina que pueda necesitar ser parada lo más rápidamente posible, con el fin de evitar o minimizar los posibles daños, deberá estar dotada de un sistema de paro de emergencia. Este sistema estará colocado como mínimo en las máquinas sujetas a las siguientes condiciones:

Cuando estando el trabajador en una zona de peligro, el mando ordinario de paro del elemento que produce el peligro no pueda alcanzarse rápida y fácilmente por el mismo.

Cuando la máquina no pueda ser suficientemente vigilada desde el puesto de mando.

Cuando ante una emergencia pueda ser necesario un paro más enérgico distinto del ordinario cuando la parada accidental de una máquina funcionando dentro de un conjunto interdependiente pueda originar peligro para las personas o daños a las instalaciones, o cuando el conjunto no pueda pararse accionando un único elemento fácilmente accesible.

En todo caso la parada de emergencia no supondrá nuevos riesgos para las personas.

## **PRIORIDAD DE LAS ÓRDENES DE PAROS SOBRE LAS DE MARCHA**

**Artículo 42:**

La acción mantenida sobre los órganos de puesta en marcha, no deben en ningún caso oponerse a las órdenes de parada.

**SELECTORES DE LOS DIVERSOS MODOS DE FUNCIONAMIENTO O DE MANDO DE UNA MÁQUINA**

**Artículo 43:**

Los selectores de las máquinas que puedan trabajar o ser mandadas de diversas formas, deben poder ser bloqueadas con la ayuda de llaves o herramientas apropiadas, en cada posición elegida. A cada posición del selector no debe corresponder más que una sola forma de mando o funcionamiento.

**MANTENIMIENTO, AJUSTE, REGULACIÓN, ENGRASE, ALIMENTACIÓN U OTRAS OPERACIONES A EFECTUAR EN LAS MÁQUINAS**

**Artículo 44:**

Las máquinas deberán estar diseñadas para que las operaciones de verificación, reglaje, regulación, engrase o limpieza se puedan efectuar sin peligro para el personal, en lo posible desde lugares fácilmente accesibles, y sin necesidad de eliminar los sistemas de protección.

En caso de que dichas operaciones u otras, tengan que efectuarse con la máquina o los elementos peligrosos en marcha y anulados los sistemas de protección, al anular el sistema de protección, se deberá cumplir:

- La máquina solo podrá funcionar a velocidad muy reducida, golpe a golpe, o a esfuerzo reducido.
- El mando de la puesta en marcha será sensitivo. Siempre que sea posible, dicho mando deberá disponerse de forma que permita al operario ver los movimientos mandados.
- La anulación del sistema de protección y el funcionamiento de la máquina en las condiciones citadas, en los incisos primero y segundo excluirá cualquier otro tipo de marcha o mando.



**PROYECTO DE FIN DE CARRERA:  
"DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE  
TROQUELADO Y EMBUTICIÓN"**

El o los dispositivos de desconexión de las máquinas deberán ser bloqueables con eficacia inviolable en la posición que aisle y deje sin energía motriz a los elementos de la máquina.

En caso de que dicha prescripción no fuese técnicamente factible, se advertirán en la máquina los peligros que pudiera originarse e igualmente, en el manual de instrucciones se advertirán tales peligros y se indicaran las precauciones a tomar para evitarlos.

Cuando, por las especiales características de la máquina, las operaciones a que se refiere este artículo no puedan realizarse en las condiciones primera, segunda y tercera podrá prescindirse de estas, adoptándose las medidas convenientes para que dichas operaciones se lleven a efecto sin peligro para el personal.

En cualquier caso deberán darse al menos en castellano las instrucciones precisas para que las operaciones de reglaje, ajuste, verificación o mantenimiento se puedan efectuar con seguridad. Esta prescripción es particularmente importante en caso de exigir peligros de difícil detección o cuando después de la interrupción de la energía existan movimientos debidos a la inercia.

**Artículo 45:**

- Las máquinas dispondrán de dispositivos o protecciones adecuadas tendentes a evitar riesgos de atrapamiento en los puntos de operación, tales como resguardos fijos, dispositivos apartacuerpos, barras de paro, dispositivos de alimentación automática, etc.
- En el diseño y emplazamiento de los resguardos en las máquinas, se tendrá en cuenta que su fijación sea racionalmente inviolable, permita suficiente visibilidad a través de los mismos, su rigidez sea acorde a la dureza del trato previsto, sus aberturas impidan la introducción de miembros que puedan entrar en contacto con órganos móviles y que permitan en lo posible la ejecución de operaciones de mantenimiento a su través, prolongando los mandos, engrasadores, etc., Hasta el exterior del resguardo, colocando superficies transparentes frente a los indicadores, etc.

**TRANSPORTE**

**Artículo 46:**

Se darán las instrucciones y se dotara de los medios adecuados para que el transporte y la manutención se puedan efectuar con el menor peligro posible. A estos efectos, en máquinas estacionarias:

- Se indicara el peso de las máquinas o partes desmontables de estas que tengan un peso superior a 500 kilogramos.
- Se indicara la posición de transporte que garantice la estabilidad de la máquina, y se sujetara de forma apropiada.
- Aquellas máquinas o partes de difícil amarre se dotaran de puntos de sujeción de resistencia apropiada; en todos los casos se indicara, al menos en castellano, la forma de efectuar el amarre correctamente.

**Artículo 47:**

- Se darán las instrucciones necesarias para que el montaje de la máquina pueda efectuarse correctamente y con el menor peligro posible.
- Se facilitaran los datos necesarios para efectuar las funciones normales de la máquina y en su caso, los datos para la elección de los elementos que impidan la transmisión de vibraciones producidas por la máquina.
- Las piezas de un peso mayor de 50 kilogramos y que tengan un difícil amarre, estarán dotadas de puntos de sujeción apropiados o donde puedan montarse elementos auxiliares para la elevación.
- Se indicaran los espacios mínimos que habrá que respetar con relación a las paredes y techo, para que el montaje y desmontaje de ciertas piezas puedan efectuarse con facilidad.

**Artículo 48:**

Cuando en algún caso, debidamente justificado, en el diseño de una máquina o elemento de máquina, no pueden incluirse alguna o algunas de las protecciones a que se refieren los artículos anteriores, el fabricante deberá indicar al menos en castellano que medidas adicionales deben tomarse <in situ> a fin de que la máquina una vez instalada cuente con todas las protecciones a que se refiere este capítulo.





### 1.12.9 ACCIDENTES

#### Artículo 49:

- Los titulares de las máquinas a que se refiere este reglamento notificarán en un plazo máximo de cinco días los accidentes que se produzcan en las mismas al órgano territorial competente de la administración pública.
- Cuando el accidente sea grave la notificación será inmediata.
- Cuando como consecuencia de lo previsto en la normativa laboral proceda la realización de un parte de accidentes de trabajo, no será necesaria la notificación de accidentes prevista en este artículo, si bien la autoridad laboral competente dará traslado de los partes de accidentes en el plazo máximo de cinco días al órgano territorial competente de la administración pública.

#### Artículo 50:

El órgano territorial competente de la administración pública que reciba la notificación del accidente dará traslado del mismo al instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo. Una vez elaboradas las correspondientes estadísticas por el ministerio de trabajo y seguridad social, se dará traslado de las mismas al centro directivo del ministerio de industria y energía competente en materia de seguridad industrial, así como de los informes específicos que resulten de interés para la posible revisión de las ITADE este reglamento.

### 1.12.10 INSPECCIONES, INFRACCIONES Y SANCIONES

#### Artículo 51:

- La vigilancia e inspección de cuanto se establece en el presente Real Decreto y las posteriores normas que lo desarrollen, se llevara a efecto por los correspondientes órganos de las administraciones públicas en el ámbito de sus competencias, de oficio o a petición de parte.
- Sin perjuicio de las competencias que corresponde al ministerio de industria y energía dentro del marco de sus atribuciones específicas, el incumplimiento de lo dispuesto en el presente reglamento y normas posteriores que lo desarrollen, podrá constituir infracción administrativa en materia de defensa del consumidor conforme a lo previsto en la ley 26/1984, general para la defensa de los consumidores y usuarios y en el Real Decreto 1945/1983, de 22 de junio, por el que se regulan las

infracciones y sanciones en materia de defensa del consumidor y de la producción agroalimentaria.

De acuerdo con lo señalado en el artículo 1. De este reglamento y con lo previsto en el párrafo anterior, las infracciones al mismo cometidas por los usuarios que actúen como empresarios en el ámbito de las relaciones laborales tendrán la consideración de infracciones laborales, a los efectos del artículo 57 del Estatuto de los Trabajadores, del Real Decreto 2347/1985, de 4 de diciembre, que desarrolla dicho artículo, y del Real Decreto 1860/1975, siéndoles por tanto de aplicación tal normativa en lo referente a infracciones y sanciones.

- A efectos de aplicación de las sanciones previstas en la Ley 26/1984 las responsabilidades administrativas generadas por las infracciones a este reglamento se clasifican en leves, graves y muy graves.
- Se consideran faltas leves las que supongan un mero incumplimiento formal de alguna prescripción establecida con la seguridad, siempre que por lo demás, el producto industrial de que se trate satisfaga todas las prescripciones técnicas exigidas por la reglamentación vigente.
- Se consideran faltas graves:
  - El incumplimiento de alguna prescripción técnica de exigida por la reglamentación vigente, siempre que el mismo no suponga peligro inminente para las personas o los bienes.
  - La comercialización o instalación en el territorio del estado español de productos industriales que, de acuerdo con la legislación vigente, deban ser homologados y no cumplan tal requisito o las condiciones con las que fueron homologados.
  - La resistencia o reiterada demora a proporcionar a la administración pública los datos requeridos, de acuerdo con la legislación vigente en materia de seguridad industrial.
  - El desatender injustificadamente las recomendaciones de la administración pública en cuestiones relacionadas con la seguridad industrial.
  - La expedición negligente de certificados o informes que no reflejen la realidad de lo que atestiguan.
- Se consideran faltas muy graves:



**PROYECTO DE FIN DE CARRERA:  
"DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE  
TROQUELADO Y EMBUTICIÓN"**

- Cualquier falta grave que implique un inminente peligro para las personas o bienes.
- La expedición dolosa de certificados o informes que no reflejen la realidad de lo que atestiguan.
- En ningún caso se producirá una doble sanción por los mismos hechos y en función de los mismos intereses públicos protegidos, si bien deberán exigirse las demás responsabilidades que se deduzcan de otros hechos o infracciones.

**Artículo 52:**

Se considerara reincidente a quien hubiera sido sancionado anteriormente por resolución firme una o más por infracciones de la misma naturaleza ocurridas en los veinticuatro meses precedentes. La reincidencia aumenta en un grado la gravedad de la falta y si esta fuese muy grave la elevara a su límite superior, dentro de los marcados por la Ley 26/1984.

**1.12.11 GARANTÍA Y RESPONSABILIDAD**

Generalmente valen nuestras condiciones de venta y suministro. La empresa usuaria dispone de las condiciones como mínimo desde la formalización del contrato.

Se excluyen toda reclamación de garantía y responsabilidades por daños personales y materiales si éstos se derivan de una o varias de las causas siguientes:

- Uso indebido de la instalación.
- Montaje, puesta en marcha, operación y mantenimiento indebidos de la instalación.
- Uso de la instalación con dispositivos de seguridad visiblemente defectuosos o dispositivos de seguridad y protección montados incorrectamente o averiados.
- Inobservancia de las advertencias del manual en relación con el montaje, la puesta en marcha, el funciona.
- Modificaciones constructivas arbitrarias en la instalación.
- Reparaciones realizadas de forma indebida.

- Casos de catástrofe por la acción de objetos extraños y por fuerza mayor.

#### **1.12.12 BOTIQUÍN – CENTRO MÉDICO**

En el centro de trabajo se dispondrá de un botiquín con los medios necesarios para efectuar las curas de urgencia en caso de accidente y estará a cargo de una persona capacitada designada por la empresa constructora. El botiquín contendrá desinfectantes y antisépticos autorizados, gasas estériles, algodón hidrófilo, vendas, esparadrapo, apósitos adhesivos, tijeras, pinzas y guantes desechables, material que se repondrá tan pronto como caduque o sea utilizado, y se revisará periódicamente.

Además dispondremos de un manual de actuación y una normativa a seguir en caso de accidente.

#### **1.12.13 LIMPIEZA DE LAS INSTALACIONES**

- La limpieza periódica favorece el funcionamiento correcto, la seguridad y la conservación del valor de la instalación.
- Sobre todo, hay que eliminar el polvo, los restos de producción, los aceites y las grasas.
- Asegurarse siempre de que no se emplean procedimientos de limpieza inadecuados que puedan causar daños.
- Para limpiar las partes de la instalación no está permitido utilizar aire comprimido ni limpiadores de alta presión.
- Si se usan limpiadores inflamables es preciso asegurarse de que después de finalizar los trabajos no queden en la zona de la instalación restos de materiales que puedan incendiarse.
- Los limpiadores, los paños, las partes de las instalaciones inservibles y los materiales auxiliares utilizados deben manipularse y eliminarse debidamente.
- La limpieza de los armarios eléctricos:
  - Los armarios de distribución deben dejarse siempre cerrados. El polvo acumulado en el interior de los armarios ha de limpiarse periódicamente con un aspirador.
  - Para la limpieza ha de desconectarse la alimentación eléctrica.



#### 1.12.14 LIBRO DE INCIDENCIAS

En cada centro de trabajo existirá, con fines de control y seguimiento del Plan de Seguridad y Salud, un Libro de Incidencias que constará de hojas por duplicado y que será facilitado por el Colegio profesional al que pertenezca el técnico que haya aprobado el Plan de Seguridad y Salud.

Deberá mantenerse siempre en obra y en poder del Coordinador. Tendrán acceso al Libro, la Dirección Facultativa, los contratistas y subcontratistas, los trabajadores autónomos, las personas con responsabilidades en materia de prevención de las empresas intervinientes, los representantes de los trabajadores, y los técnicos especializados de las Administraciones públicas competentes en esta materia, quienes podrán hacer anotaciones en el mismo.

Efectuada una anotación en el Libro de Incidencias, el Coordinador estará obligado a remitir en el plazo de **veinticuatro horas** una copia a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en que se realiza la obra. Igualmente notificarán dichas anotaciones al contratista y a los representantes de los trabajadores.

#### 1.12.15 IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS Y PREVENCIÓN DE LOS MISMOS

La obra, consistirá en la instalación completa de una estructura metálica donde a su vez se instalará un robot paralelo Delta 2.

- Fabricación y montaje de piezas.
- Montaje de la máquina.
- Montaje de la instalación neumática y eléctrica.

Antes de comenzar el trabajo es necesario eliminar todos los obstáculos que puedan interrumpir la marcha de la instalación así como causar algún peligro de caídas.

Además, en el caso que se necesite andamiajes para poder colocar elementos de la instalación en alturas cuyo acceso quede restringido a la plataforma elevadora, se deberán preparar estos debidamente, comprobando que quedan seguros y estables.

### 1.12.15.1 FABRICACIÓN Y MONTAJE DE PIEZAS

Dado que la fabricación se hará en un taller externo solo consideraremos los peligros que conllevan las actividades siguientes y las medidas preventivas a adoptar en cada uno de esos casos.

### 1.12.15.2 MONTAJE DE LA MÁQUINA

Los trabajos a realizar son:

- Soldadura de la estructura metálica y fijación al pavimento de la nave.
- Montaje del robot.

#### **Actividad 1: Soldadura de la estructura y fijación al pavimento de la nave**

- **Riesgo:** Caída de personas a distinto nivel (caída a un plano inferior al de sustentación).

#### **Medidas preventivas:**

- Los pisos y pasillos de las plataformas de trabajo serán antideslizantes y se mantendrán libres de obstáculos.
- Las escaleras de mano tendrán la resistencia y los elementos necesarios para que su utilización no suponga un riesgo. Las escaleras de tijera dispondrán de elementos que impidan su apertura.
- Igualmente en caso de utilizar andamios de borriquetas, colgados, tubulares o metálicos sobre ruedas, hay que adoptar las Medidas Preventivas correspondientes a dichos medios auxiliares.
- La iluminación en el puesto de trabajo tiene que ser adecuada al tipo de operación que se realiza.



**PROYECTO DE FIN DE CARRERA:  
"DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE  
TROQUELADO Y EMBUTICIÓN"**

- Utilizar Equipos de Protección Individual contra caídas de altura, certificados, cuando se esté expuesto a dicho riesgo.
- Las barandillas serán de materiales rígidos, tendrán una altura mínima de 90 centímetros y dispondrán de una protección que impida el paso o deslizamiento por debajo de las mismas o la caída de objetos sobre personas.

Las aberturas que supongan un riesgo de caída se protegerán mediante sistemas de seguridad.

- **Riesgo:** Caídas de personas al mismo nivel (caída que se produce en el mismo plano de sustentación).

**Medidas preventivas:**

- Las rampas tendrán una pendiente máxima del 12 % cuando su longitud sea menor que 3 metros, del 10 % cuando su longitud sea menor que 10 metros, o del 8 % en el resto de los casos.
  - Los lugares de trabajo se limpiarán periódicamente para mantenerlos en condiciones adecuadas. Se eliminarán con rapidez los desperdicios y demás productos residuales que puedan originar accidentes.
  - Las zonas de los lugares de trabajo en las que exista riesgo de caída deberán estar claramente señalizadas.
  - La iluminación de cada zona deberá adaptarse a las características de la actividad que se efectúe en ella.
  - Utilizar calzado como EPI certificado, en buen estado, con tipo de suela adecuada que evite la caída por resbalones.
- **Riesgo:** *Caída de objetos en manipulación* (Caída de objetos o materiales durante la ejecución de trabajos o en operaciones

de transporte y elevación por medios manuales o con ayudas mecánicas)

**Medidas preventivas:**

- El operario deberá estar formado e informado sobre la forma correcta de manipular las cargas.
  - No deberá manipular cargas consideradas excesivas de manera general. Se manipularán según su condición y utilización.
  - Deberá utilizar los Equipos de Protección Individual adecuados.
  - A ser posible, deberá disponer de un sistema apropiado de agarre.
  - El nivel de iluminación será adecuado a la complejidad de la tarea.
  - En la manipulación con aparatos de elevación y transporte todos sus elementos estructurales, mecanismo y accesorios, serán de material sólido, bien construido y de resistencia y firmeza adecuada al uso que se destinan.
  - Se realizaran las revisiones y pruebas periódicas de los cables.
  - Los ascensores y montacargas deberán cumplir el Reglamento de Aparatos de Elevación y Manutención.
  - Las carretillas automotoras serán conducidas sólo por personal autorizado. El conductor deberá tener buena visibilidad, tanto por su posición como por la colocación y tamaño de la carga.
  - Las grúas en general dispondrán de dispositivos sonoros que informen a las personas de su movimiento.
- 
- **Riego:** Caída de objetos por desplome o derrumbamiento (Caída de elementos por pérdida de estabilidad de la estructura a la que pertenecen).





**PROYECTO DE FIN DE CARRERA:  
“DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE  
TROQUELADO Y EMBUTICIÓN”**

**Medidas preventivas:**

- Los elementos estructurales, permanentes o provisionales de donde serán instaladas nuestras máquinas, serán de construcción segura y firme.
  - Los techos, paredes, etc., de la parte donde serán instaladas nuestras máquinas, tendrán la resistencia conforme a la carga que deban sostener y suspender.
  - Cuando estructuras, mecanismos, transportadores, máquinas, etc., tengan que estar situados sobre lugares de trabajo, se instalarán protecciones que retengan las partes que puedan desplomarse.
- **Riesgo:** Pisadas sobre objetos (es la situación que se produce por tropezar o pisar sobre objetos abandonados o irregularidades del suelo, pero que no originan caídas).

**Medidas preventivas:**

- Los materiales, herramientas, utensilios, etc., que se encuentren en cada puesto de trabajo serán los necesarios para realizar la labor en cada momento, los demás, se situarán en los soportes destinados para ello.
  - Se evitará que en la superficie del puesto de trabajo y zonas de tránsito, se encuentren objetos que, al ser pisados, puedan producir accidentes.
  - Las superficies de trabajo y zonas de tránsito, tendrán la iluminación adecuada al tipo de operación a realizar.
  - El personal deberá usar el calzado de protección adecuado.
- **Riesgo:** Golpes y sobre todo cortes con objetos y herramientas (situación que puede producirse ante el contacto de alguna parte del cuerpo de los trabajadores con objetos cortantes, punzantes o abrasivos).

**Medidas preventivas:**

- Las herramientas manuales deberán estar construidas con materiales resistentes, de tal manera que se eviten roturas de las mismas. Sus empuñaduras deberán ser de dimensiones adecuadas, sin bordes agudos ni superficies resbaladizas.
- Las herramientas manuales deberán ser de características y tamaño adecuados a las operaciones a realizar.
- Utilizar la señal relativa a Señalización Complementaria de Riesgo Permanente, (franjitas amarillas y negras oblicuas), sobre aquellos objetos que es imposible proteger.
- Comprobar que existe una iluminación adecuada en las zonas de trabajo y de paso.
- Comprobar que las herramientas manuales cumplen con las siguientes características:
  - Las partes cortantes y punzantes se mantendrán debidamente afiladas.
  - Las cabezas metálicas deberán carecer de rebabas.
  - Se adaptarán protectores adecuados a aquellas herramientas que lo admitan.
- Hay que realizar un correcto mantenimiento de las herramientas manuales realizando una inspección periódica por parte de personal especializado.
- Las herramientas cortantes o con puntas agudas se guardarán provistas de protectores de cuero o metálicos.
- Se deberán utilizar Equipos de Protección Individual adecuados, en concreto guantes y calzado, en los trabajos que así lo requieran.



## PROYECTO DE FIN DE CARRERA:

### “DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE TROQUELADO Y EMBUTICIÓN”

- **Riesgo:** Proyección de fragmentos o partículas (circunstancia que se puede manifestar en lesiones producidas por piezas, fragmentos o pequeñas partículas de material, proyectadas por una máquina, herramientas o materia prima a conformar).

#### Medidas preventivas:

- Pantallas transparentes si es posible, de modo que situadas entre el trabajador y la pieza / herramienta, detengan las proyecciones. Si son transparentes, deberán renovarse cuando dificulten la visibilidad.
  - Sistemas de aspiración con la potencia suficiente para absorber las partículas que se desprendan.
  - Pantallas protectoras que encierren completamente la zona en que se producen las proyecciones.
  - Como medio de protección para los ojos, se utilizarán gafas de seguridad, cuyos oculares serán seleccionados en función del riesgo que deban proteger.
  - Como protección de cara se utilizarán pantallas, abatibles o fijas, según las necesidades.
  - Como protección de las manos se utilizarán guantes adecuados.
  - A lo anterior, se unirá la utilización de delantales, manguitos, polainas, siempre que las proyecciones puedan alcanzar otras partes del cuerpo.
  - Los Equipos de Protección Individual deberán estar certificados.
- **Riesgo:** Contactos térmicos (Acción y efecto de tocar superficies o productos calientes o fríos).

#### Medidas preventivas:

- Alrededor de todo foco radiante de calor, (hornos, calderas, etc.), se deberá dejar un espacio libre, no menor a 1,50 metros, y se protegerá mediante revestimientos, pantallas, etc.
  - Señalizar el riesgo de contacto térmico, (conducciones, recipientes, aparatos, etc.)
  - Utilización de las herramientas adecuadas para la manipulación de piezas calientes y frías.
  - Hacer uso de los Equipos de Protección Individual adecuados.
- **Riesgo:** Contactos eléctricos directos (es todo contacto de las personas directamente con partes activas en tensión).

**Medidas preventivas:**

- Señalar riesgo eléctrico.
  - Garantizar el adecuado aislamiento en todas las partes activas.
  - Realizar empalmes y conexiones de forma correcta.
  - No realizar trabajos de mantenimiento en instalaciones bajo tensión salvo personal especializado.
  - Emplear Equipos de Protección individual y herramientas adecuadas.
- **Riesgo:** Contactos eléctricos indirectos (es todo contacto de las personas con masas puestas accidentalmente en tensión).

**Medidas preventivas:**

- Evitar humedades.
- Emplear tensiones de seguridad.



**PROYECTO DE FIN DE CARRERA:  
"DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE  
TROQUELADO Y EMBUTICIÓN"**

- Disponer de doble aislamiento en máquinas y equipos eléctricos.
- Verificar periódicamente el buen funcionamiento de los dispositivos de seguridad empleados en la instalación eléctrica.
- **Riesgo:** Exposición a radiaciones (posibilidad de lesión o afección por la acción de los rayos de luz, calor u otra energía).

**Medidas preventivas:**

- Diseño adecuado de la instalación.
- Limitar el acceso a personal autorizado.
- Protección ocular, certificada, con el grado de protección adecuado, según el tipo de soldadura, intensidad de la corriente, consumo de gas y temperatura.
- Ropa de protección de lino o algodón.
- Información a los trabajadores de los riesgos más probables.
- **Riesgo:** Ruido (todo sonido no grato que puede interferir o impedir alguna actividad humana.)

**Medidas preventivas (en virtud de lo establecido en el Real Decreto 1316/89):**

- Aislar la fuente de generación de ruido.
- Proceder a un adecuado mantenimiento de la maquinaria.
- Evaluar los niveles de ruido presentes en el puesto de trabajo.

- Proceder a una audiometría de forma periódica.
- Utilizar, si es necesario, elementos de protección auditiva.

- **Riesgo:** Incendios.

1. **Factores de inicio** (es el conjunto de condiciones: materiales combustibles, comburentes y fuentes de ignición, cuya conjunción en un momento determinado puede dar lugar a un incendio).

**Medidas preventivas:**

Almacenar productos inflamables separados del resto y con buena ventilación:

- Alejar los productos inflamables y combustibles de las fuentes de calor.
- Realizar las soldaduras cumpliendo estrictamente las condiciones de seguridad.

2. **Propagación** (condiciones que favorecen el aumento y extensión del incendio).

**Medidas preventivas:**

- Evitar el calentamiento y el posible incendio del marcador, del la línea en general y de los elementos eléctricos de nuestras máquinas.

3. **Evacuación** (es la salida ordenada de todo el personal de la empresa y su concentración en un punto predeterminado considerado como seguro).



**PROYECTO DE FIN DE CARRERA:  
"DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE  
TROQUELADO Y EMBUTICIÓN"**

**Medidas preventivas:**

- Sectorizar los caminos de evacuación con respecto al resto de instalaciones sobre todo las que ofrezcan peligro.
- Dotar a las puertas que sean atravesadas en la evacuación de aperturas fáciles.
- Instalación de iluminación de emergencia y señalización de los caminos de evacuación.
- Elaborar un plan de emergencia.

4. **Medios de lucha** (son aquellos medios materiales con los que es posible atacar un incendio, hasta su completa extinción o la llegada de ayudas exteriores).

**Medidas preventivas:**

- Se deben instalar extintores y bocas de incendio equipadas en número adecuado al tamaño de la empresa y al riesgo a proteger, dando formación a los trabajadores sobre su uso.
  - Se instalarán en paramentos verticales, cerca de los lugares de riesgos y cercanos a las puertas de salida del local, o de la empresa, según el caso.
  - Se colocarán en lugares visibles.
  - El agente extintor se deberá elegir en función del tipo de fuego esperado.
- **Riesgos:** Contaminantes químicos.

**Gases** (estado de agregación de la materia que se caracteriza por su baja densidad y viscosidad. Estas sustancias se presentan como tales a temperatura y presión ambientales).

*Aerosoles* (dispersión de partículas sólidas o líquidas de tamaño inferior a 100 micras en un medio gaseoso; Incluye polvo, fibras, nieblas y humo).

*Metales* (sólidos cristalinos, con brillo, buenos conductores de la electricidad y que presentan en general una alta reactividad química; incluye: polvo y humo metálico).

**Medidas preventivas:**

- Evaluar la exposición real de los trabajadores. Actuar sobre el foco generador del contaminante (sustitución de productos, extracción localizada, encerramiento del proceso...).
- Actuar sobre el medio de propagación, es decir, la atmósfera que respira el trabajador (limpieza, ventilación por dilución, sistemas de alarma...).
- Actuar sobre el propio trabajador (EPI's, encerramiento del trabajador, formación e información).

- **Riesgo:** Fatiga física.

1. **Posición** (es el resultado del conjunto de requerimientos físicos, a los que se ve sometido el trabajador a lo largo de la jornada de trabajo, cuando se ve obligado a adoptar una determinada postura singular o esfuerzo muscular de posición inadecuada y / o mantenerlo durante un periodo de tiempo excesivo).

**Medidas preventivas:**

- Se evitarán trabajos que requieran posturas forzadas o extremas de algún segmento corporal o el mantenimiento prolongado de cualquier postura. La columna tendrá una postura recta, evitando inclinaciones o torsiones innecesarias permitiendo las distancias y ángulos visuales.





**PROYECTO DE FIN DE CARRERA:**  
**“DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE TROQUELADO Y EMBUTICIÓN”**

- Las tareas deben diseñarse favoreciendo el combinar las posiciones de pie y sentado, y en caso de tener que ser una de ellas, la de estar sentado preferentemente.

2. **Desplazamiento** (condición que afecta físicamente al organismo y que es producida por los esfuerzos musculares dinámicos que el trabajador realiza, debido a las exigencias de movimientos o tránsitos sin carga durante la jornada de trabajo).

**Medidas preventivas:**

- El trabajador caminará de forma segura y sin prisa.
- El calzado debe ser el adecuado (cómodo, ancho, sujeto por el talón y seguro).
- Los desplazamientos serán inferiores al 30 % de la jornada laboral. En caso contrario se permitirá al trabajador pausas o periodos de descanso, en asientos adecuados y con un tiempo de duración en función de la duración de los desplazamientos.

3. **Esfuerzo** (es el resultado del conjunto de requerimientos físicos a los que se ve sometido el trabajador a lo largo de la jornada de trabajo, cuando se ve obligado a ejercer un esfuerzo muscular dinámico o esfuerzo muscular estático excesivo, unidos en la mayoría de los casos a posturas forzadas de los segmentos corporales, frecuencia de movimientos fuera de límites, etc.).

**Medidas preventivas:**

- Los esfuerzos deben ser adecuados a las personas que los realizan según su capacidad física, su edad, su entrenamiento y la temperatura ambiente.
- Los sistemas y medios de trabajo serán planificados y diseñados ergonómicamente.
- Las herramientas serán las adecuadas para poder distribuir, sin vibraciones, correctamente los esfuerzos.

4. **Manejo de cargas** (es aquella situación de merma física producida por un sistema de esfuerzos musculares dinámicos o estáticos, ejercidos para la alimentación y / o la evacuación de las piezas del lugar de almacenamiento al plano de trabajo o viceversa, o para su transporte).

**Medidas preventivas:**

- Los pesos que se manipulen, deben ser inferiores a 50 Kg para hombre y 25 Kg para la mujer, con frecuencia de manejo lo más lenta posible. Dictamen CEE (88/C-318/14). En cualquier caso el tamaño y peso de la carga será adecuado a las características individuales.
  - En desplazamientos con carga, esta será inferior a 2 Kg o los desplazamientos inferiores a 2 metros. Si es con ascenso, dependerán del peso de la carga, del nivel del ascenso y de la velocidad de desplazamiento.
  - El gasto energético y el aumento de la frecuencia cardíaca durante la actividad, no deberá superar el valor establecido como idóneo. En caso de rebasarse estos valores, sería necesario establecer adecuadas y frecuentes pausas a lo largo de la jornada.
- **Riesgo:** Sobreesfuerzos (toda postura forzada durante el uso de máquinas).

**Medidas preventivas:**

- Siempre que sea posible, adquirir medios auxiliares mecánicos (traspaletas, carretillas elevadoras, apiladores eléctricos, etc.) que ayuden al desplazamiento de cargas y evitar así la manipulación manual de éstas.
- Disponer de puestos de trabajo diseñados ergonómicamente, evitando que realicen movimientos o



**PROYECTO DE FIN DE CARRERA:  
"DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE  
TROQUELADO Y EMBUTICIÓN"**

posturas forzadas tales como brazos por encima de la horizontal de los hombros o giros bruscos de tronco.

- Diseñar el puesto, máquina, mandos y posición del trabajador, de manera que se trabaje de frente y con la espalda recta.
- Proporcionar la información y formación necesaria a los trabajadores sobre la manipulación de cargas.
- Realizar rotación de tareas, con la finalidad de utilizar grupos musculares diferentes y evitar lesiones por posturas forzadas.

**Actividad 2: Montaje del robot**

- **Riesgo:**
  - Caídas a distinto nivel.
  - Caídas al mismo nivel.
  - Caídas de objetos por desplome o derrumbamiento.
  - Caída de objetos de manipulación.
  - Golpes y cortes por objetos y herramientas.
  - Contactos térmicos y/o eléctricos.
  - Incendios.
  - Ruido
  - Fatiga física.
  - Sobreesfuerzo.

**Medidas preventivas:**

Llevar a cabo las Medidas preventivas descritas anteriormente.

### **1.12.15.3 MONTAJE DE LA INSTALACIÓN NEUMÁTICA Y ELECTRICA**

Los trabajos a realizar son:

- Montaje de los soportes de los distintos elementos.
- Instalación de los elementos.
- Corte y montaje de las conexiones neumáticas y eléctricas.

Los peligros que conllevan estas actividades y las medidas a adoptar son las siguientes:

- **Riesgo:**
  - Caídas a distinto nivel.
  - Caídas al mismo nivel.
  - Caídas de objetos por desplome o derrumbamiento.
  - Caída de objetos de manipulación.
  - Golpes y cortes por objetos y herramientas.
  - Contactos térmicos y/o eléctricos.
  - Incendios.
  - Ruido
  - Fatiga física.
  - Sobre esfuerzo.

#### **Medidas preventivas:**

Llevar a cabo las Medidas preventivas descritas anteriormente.

### **1.12.15.4 ACTIVIDADES QUE UTILICEN MAQUINARIA**



**PROYECTO DE FIN DE CARRERA:  
"DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE  
TROQUELADO Y EMBUTICIÓN"**

Para las actividades en las que se utilice maquinaria, utillajes o dispositivos auxiliares, que en nuestro caso, son la mayoría, hay que llevar a cabo las normas anteriormente descritas sobre seguridad de máquinas. Y también son necesarios los equipos de protección individual dependiendo de cada actividad.

Principalmente vamos a utilizar la siguiente maquinaria. Los peligros, medidas preventivas y protecciones más comunes, que pueden darse por la maquinaria, utillajes o dispositivos auxiliares, son:

### **1. Cortadora de material.**

- **Peligros:**
  - Cortes y heridas.
  - Proyecciones.
  
- **Medidas preventivas:**
  - Deberá ser utilizado por personal cualificado.
  - Mantener limpia la zona de trabajo.
  
- **Protecciones personales:**
  - Guantes.
  - Mono de trabajo.
  - Gafas protectoras
  
- **Protecciones colectivas:**
  - Acotar zona de trabajo.

## 2. Soplete y botellas de oxígeno y acetileno.

- **Peligros:**
  - Quemaduras.
  - Explosiones.
  - Inhalaciones de humo.
  - Daño en los ojos.
  
- **Medidas preventivas:**
  - Deberá ser utilizado por personal cualificado.
  - Manejo correcto de las botellas de los gases.
  - Tener ventilado el local o usar las protecciones requeridas.
  - Uso de la protección adecuada.
  
- **Protecciones personales:**
  - Gafas o pantalla de soldar.
  - Guantes.
  - Mono de trabajo.
  - Mascarilla.
  
- **Protecciones colectivas:**
  - Extintor apropiado.

## 3. Taladradora.



**PROYECTO DE FIN DE CARRERA:  
"DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE  
TROQUELADO Y EMBUTICIÓN"**

- **Peligros:**
  - Cortes, heridas, golpes,...
  - Proyecciones.
  - Daño en los ojos.
  - Inhalaciones de polvo,..
  - Descarga eléctrica.
  - Ruido.
  
- **Medidas preventivas:**
  - Deberá ser utilizado por personal cualificado.
  - Mantener limpia la zona de trabajo.
  - Tener ventilado el local o usar las protecciones requeridas.
  - Uso de la protección adecuada.
  
- **Protecciones personales:**
  - Guantes.
  - Mono de trabajo.
  - Gafas protectoras.
  - Protección de oídos.
  
- **Protecciones colectivas:**
  - Mantenimiento de las zonas de trabajo limpias y ordenadas.

**4. Herramientas: Brocas, martillos, llaves, mordazas, etc.**

- **Peligros:**
  - Proyecciones de partículas y polvo.
  - Descarga eléctrica.
  - Heridas, cortes, golpes,...
  
- **Medidas preventivas:**
  - Deberá ser utilizado por personal cualificado.
  - Revisar periódicamente las herramientas.
  - No desenrollar las herramientas estirando el cable.
  - Trabajar en posición estable.
  - Mantenerlas siempre en la misma posición y nunca colocarlas en cualquier lado.
  
- **Protecciones personales:**
  - Guantes.
  - Mono de trabajo.
  - Gafas protectoras.
  - Protección de oídos.
  
- **Protecciones colectivas:**
  - Mantenimiento de las zonas de trabajo limpias y ordenadas.

#### 5. Medios auxiliares: escaleras de mano,...

- **Peligros:**
  - Caídas a distinto nivel.





**PROYECTO DE FIN DE CARRERA:  
"DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE  
TROQUELADO Y EMBUTICIÓN"**

- Caídas de materiales
- Golpes.
- Atrapamientos y aplastamientos.
  
- **Medidas preventivas:**
  - Se deberán conservar los andamios o escaleras, libres de obstáculos y sustancias resbaladizas (grasas, aceites, barro, hielo, etc.)
  - Tableros o planchas en huecos horizontales.
  - No subir o bajar cargado de herramientas o materiales, los materiales y / o herramientas necesarias se deberán subir o bajar utilizando algún sistema manual de izado y / o un portaherramientas apropiado.
  - No sobrecargar los andamios y escaleras. En las escaleras se deberán realizar las subidas y bajadas de cara, utilizando ambas manos para sujetar firmemente los escalones o los largueros laterales.
  - Redes verticales y horizontales.
  - Establecer la situación de escaleras y andamios sobre suelo firme, nunca sobre elementos de obra.
  
- **Protecciones personales:**
  - Calzado con suela antideslizante.
  - Mono de trabajo.
  - Cinturón de seguridad
  - Casco de seguridad homologado.
  
- **Protecciones colectivas:**
  - Mantenimiento de la zona de trabajo limpia y sin obstáculos.

### **1.12.16 DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD QUE SE DEBEN APLICAR**

Las obligaciones previstas anteriormente del Real Decreto de 1627/1.997, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la obra de construcción de las máquinas del proyecto, se aplicarán siempre que lo exijan las características de la obra o de la actividad, las circunstancias o riesgo.

**En Valladolid, Junio 2012.**

VALLADOLID, JUNIO 2012

FDO: **ALFONSO SANTOS ABERTURAS** (ING. TÉCNICO INDUSTRIAL  
MECÁNICO)



## 2. CÁLCULOS

### 2.1 CÁLCULOS CINEMÁTICOS

Para plantear las ecuaciones cinemáticas del robot se eligió un conjunto de coordenadas dependientes mixtas. Estas coordenadas corresponden a los ángulos que forman los ejes centrales de los brazos con respecto a la horizontal ( $\Theta_1$  y  $\Theta_2$ ), así como las coordenadas cartesianas de la punta del efector final (x e y).

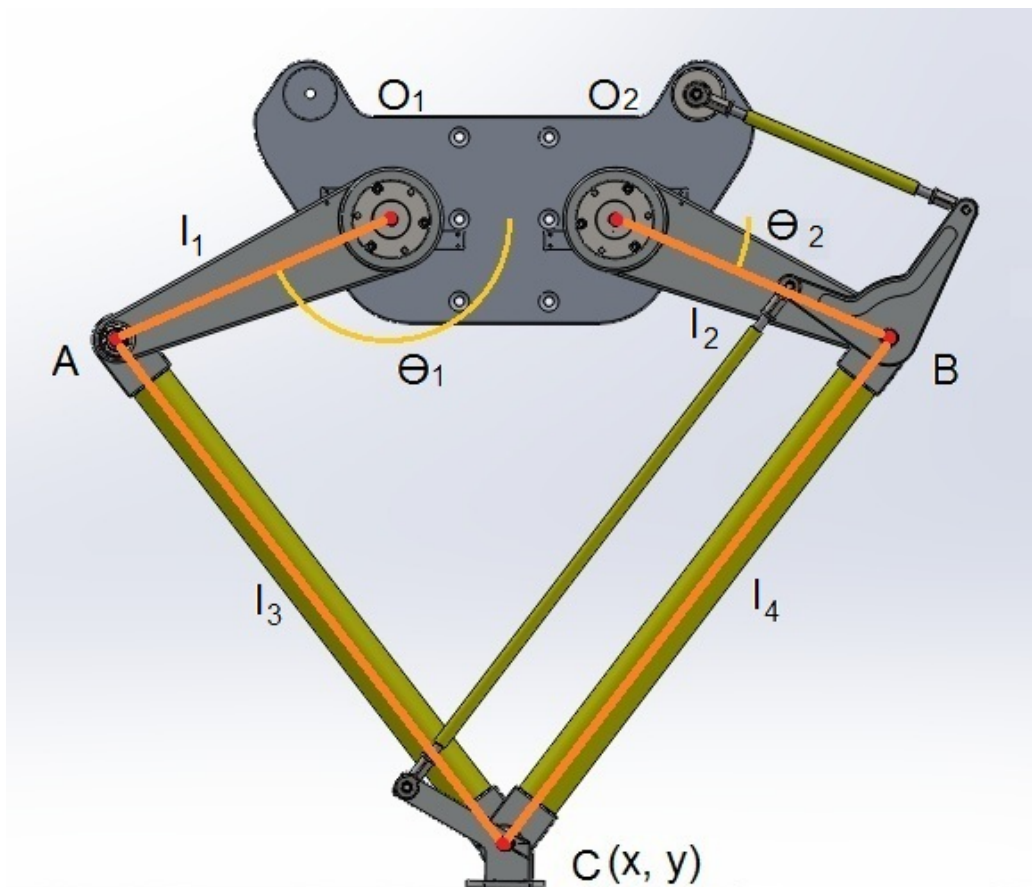


Figura 47: Diagrama cinemático

#### 2.1.1 MODELADO MATEMÁTICO (CINEMÁTICA INVERSA)

Este manipulador tiene cuatro conexiones móviles y cinco pares cinemáticos. Los dos conectores de longitudes  $l_1$  y  $l_2$  son los elementos de

entrada y sus pares  $O_1$  y  $O_2$  son los únicos actuadores. El origen del sistema de coordenadas cartesianas se sitúa en el par  $O_1$  por lo que  $x_{01} = y_{01} = y_{02} = 0$ .

De la geometría de las conexiones podemos decir:

$$(x_{2i} - l_i + 2 \cos \alpha_i)^2 + (y_{2i} - l_i + 2 \sin \alpha_i)^2 = l_i^2, \quad i = 1,2 \quad (2.1)$$

Donde las variables intermedias  $x_{2i}$  e  $y_{2i}$  ( $i=1,2$ ) están definidas como:

$$x_{21} = x - x_{01} \quad (2.2)$$

$$y_{21} = y - y_{01} \quad (2.3)$$

$$x_{22} = x - x_{02} \quad (2.4)$$

$$y_{22} = y - y_{02} \quad (2.5)$$

Siendo  $\alpha_1$  y  $\alpha_2$  los ángulos que forman  $l_3$  y  $l_4$  con la horizontal.

De la ecuación (2.1) obtendremos:

$$\sin \alpha_i = \frac{b_i c_i + K_i a_i \sqrt{\delta_i}}{a_i^2 + b_i^2}, \quad i = 1,2 \quad (2.6)$$

$$\sin \alpha_i = \frac{b_i c_i + K_i a_i \sqrt{\delta_i}}{a_i^2 + b_i^2}, \quad i = 1,2 \quad (2.7)$$

Donde

$$a_i = x_{2i}, i = 1,2 \quad (2.8)$$

$$b_i = y_{2i}, i = 1,2 \quad (2.9)$$



$$c_i = \frac{l_{i+2}^2 - l_i^2 + x_{2i}^2 + y_{2i}^2}{2l_{i+2}}, i = 1,2 \quad (2.10)$$

$$\delta_i = a_i^2 + b_i^2 - c_i^2, i = 1,2 \quad (2.11)$$

$$K_i = \pm 1, i = 1,2$$

Donde  $K_i$  es el índice del  $i$ -enésimo ramal (partiendo de  $O_1$  o de  $O_2$ ). Finalmente, la solución del problema cinemático inverso puede ser obtenida como:

$$\theta_i = \text{atan} 2 \left[ \left( (y_{2i} - l_{i+2} \sin \alpha_i), (x_{2i} - l_{i+2} \cos \alpha_i) \right) \right], \quad i = 1,2 \quad (2.12)$$

Donde  $\theta_i$  ( $i = 1,2$ ) están definidos como los ángulos entre las conexiones de longitud  $l_i$  y la horizontal y  $\text{atan}2$  es la inversa de la tangente que usa dos argumentos y devuelve un único valor.

### 2.1.1.1 DETERMINACIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO

Si observamos las ecuaciones 2.6 y 2.7 está claro que el hecho de que  $\alpha_i$  sea real depende de  $\delta_i$ . Si  $\delta_i < 0$ ,  $\alpha_i$  no es real; Si  $\delta_i > 0$ ,  $\alpha_i$  será real; y si  $\delta_i = 0$ ,  $\alpha_i$  tendrá una única solución real. Debido a que  $\alpha_i$  está relacionada con la solución de la cinemática inversa del robot, para  $\delta_i = 0$  el problema cinemático inverso tiene menos soluciones. Resulta que los límites del área de trabajo del manipulador paralelo plano consisten en un conjunto de configuraciones que satisfacen la siguiente ecuación en el espacio Cartesiano del manipulador.

$$\delta = \sqrt{\delta_1} \sqrt{\delta_2} = 0 \quad (2.13)$$

El problema de determinar los límites del área de trabajo del robot es equivalente a la resolución de la ecuación 2.13. Ya que la anterior ecuación no es lineal, no nos es posible obtener una solución analítica. Por eso, un método numérico puede ser utilizado para resolver la ecuación y dibujar los límites del área en un plano.

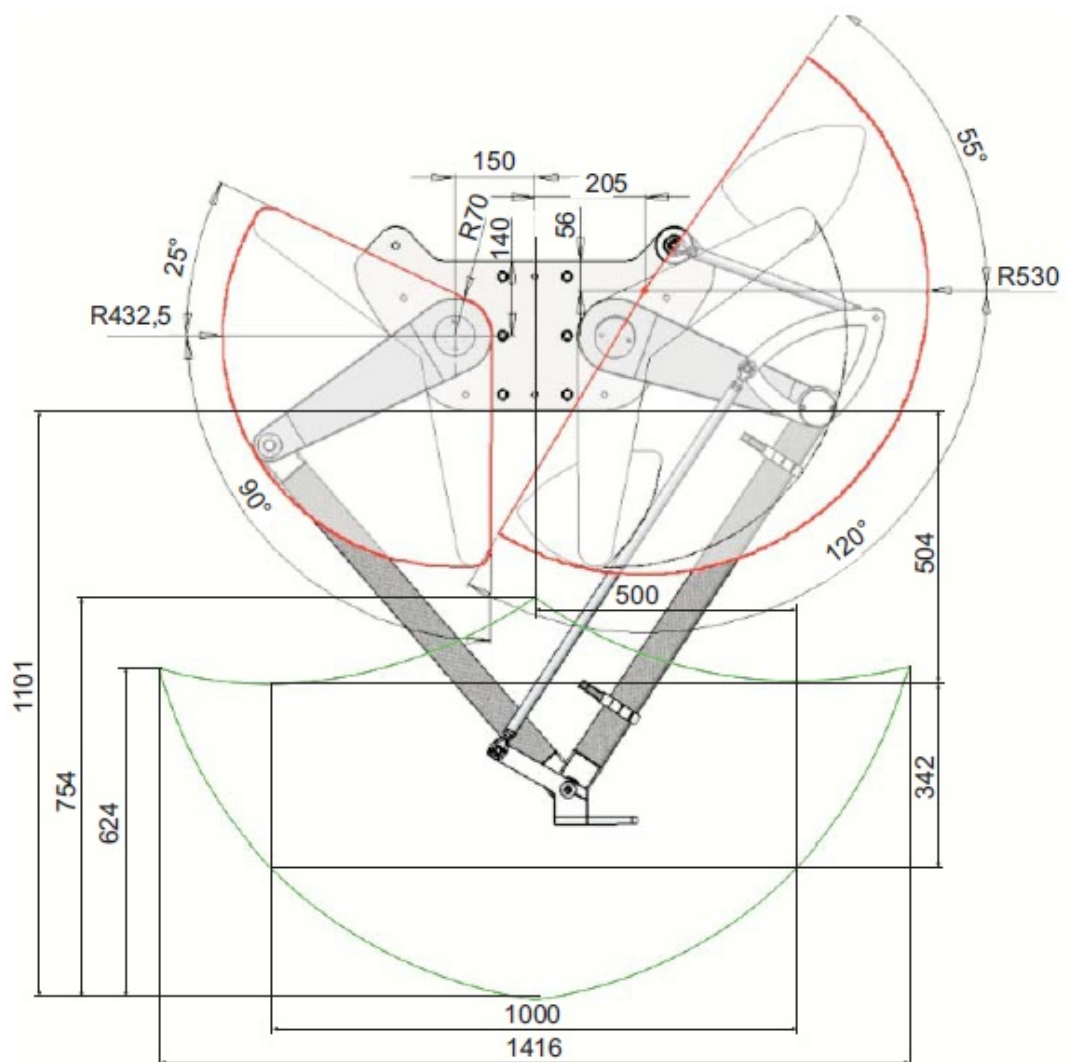


Figura 48: El área de trabajo se observa en la parte inferior en verde

### 2.1.2 ANÁLISIS DE VELOCIDAD

De las dos cadenas cinemáticas del mecanismo se puede decir:



$$\omega_1 \times a_1 + \omega_3 \times a_3 = \dot{p} \quad (2.14)$$

$$\omega_2 \times a_2 + \omega_4 \times a_4 = \dot{p} \quad (2.15)$$

Donde  $\omega_i$  ( $i=1, \dots, 4$ ) y  $a_i$  ( $i=1, \dots, 4$ ) son los vectores de velocidad angular y los vectores de posición del  $i$ -enésimo conector móvil respectivamente y el vector  $\dot{p}$  el vector Cartesiano de velocidad del efector final o punto C.

$$\dot{p} = \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \end{bmatrix} \quad (2.16)$$

Las ecuaciones 2.14 y 2.15 pueden ser escritas en forma matricial como:

$$A_1 \eta_1 = b_1 \quad (2.17)$$

$$A_2 \eta_2 = b_2 \quad (2.18)$$

Siendo

$$\eta_1 = \begin{bmatrix} \omega_1 \\ \omega_3 \end{bmatrix}, A_1 = \begin{bmatrix} -l_1 \sin \theta_1 & -l_3 \sin \alpha_1 \\ l_1 \cos \theta_1 & l_3 \cos \alpha_1 \end{bmatrix}, b_1 = \dot{p} = \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \end{bmatrix}$$

$$\eta_2 = \begin{bmatrix} \omega_2 \\ \omega_4 \end{bmatrix}, A_2 = \begin{bmatrix} -l_2 \sin \theta_2 & -l_4 \sin \alpha_2 \\ l_2 \cos \theta_2 & l_4 \cos \alpha_2 \end{bmatrix}, b_2 = \dot{p} = \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \end{bmatrix}$$

Las soluciones para las ecuaciones 2.17 y 2.18 respectivamente son:

$$\eta_1 = A_1^{-1} b_1 \quad (2.19)$$

$$\eta_2 = A_2^{-1} b_2 \quad (2.20)$$

### 2.1.3 ANÁLISIS DE ACELERACIÓN

Si hacemos la derivada respecto del tiempo de las ecuaciones 2.14 y 2.15, obtendremos:

$$\dot{\omega}_1 \times a_1 + \dot{\omega}_3 \times a_3 = e_1 \quad (2.21)$$

$$\dot{\omega}_2 \times a_2 + \dot{\omega}_4 \times a_4 = e_2 \quad (2.22)$$

Donde  $\dot{p}$  es el vector de aceleraciones del efector final o punto C y

$$e_1 = \dot{p} - \omega_1 \times (\omega_1 \times a_1) - \omega_3 \times (\omega_3 \times a_3) \quad (2.23)$$

$$e_2 = \dot{p} - \omega_2 \times (\omega_2 \times a_2) - \omega_4 \times (\omega_4 \times a_4) \quad (2.24)$$

De igual forma, podemos expresar las ecuaciones 2.21 y 2.22 matricialmente:

$$A_1 \dot{\eta}_1 = e_1 \quad (2.25)$$

$$A_2 \dot{\eta}_2 = e_2 \quad (2.26)$$

Donde

$$\dot{\eta}_1 = \begin{bmatrix} \dot{\omega}_1 \\ \dot{\omega}_3 \end{bmatrix}, \dot{\eta}_2 = \begin{bmatrix} \dot{\omega}_2 \\ \dot{\omega}_4 \end{bmatrix} \quad (2.27)$$





De las ecuaciones 2.25 y 2.26 podemos obtener

$$\eta_1 = A_1^{-1}e_1 \quad (2.28)$$

$$\eta_2 = A_2^{-1}e_2 \quad (2.29)$$

Dado que este estudio cinemático lo hacemos con vista de aplicar sus resultados al estudio dinámico y de resistencia la trayectoria que elegimos fue la que consideramos que tendría mayores valores en aceleración y velocidad dentro del área de trabajo dada. Esta es la línea recta de 1 metro de longitud que realiza el efector final entre las posiciones de recogida de la pletina y de deposición de la misma. Las siguientes figuras indican las posiciones, velocidades y aceleraciones de  $O_1$  y  $O_2$  (todas ellas angulares):

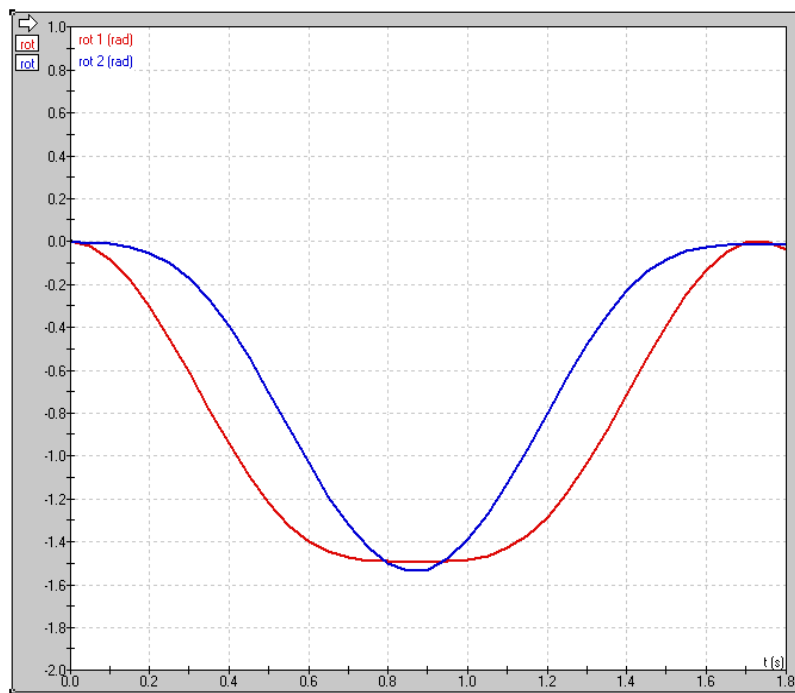
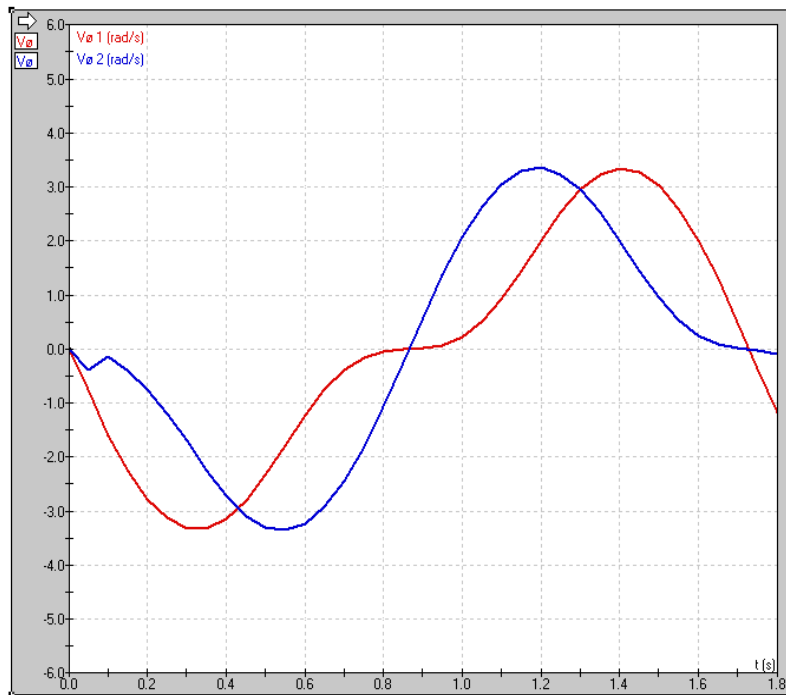
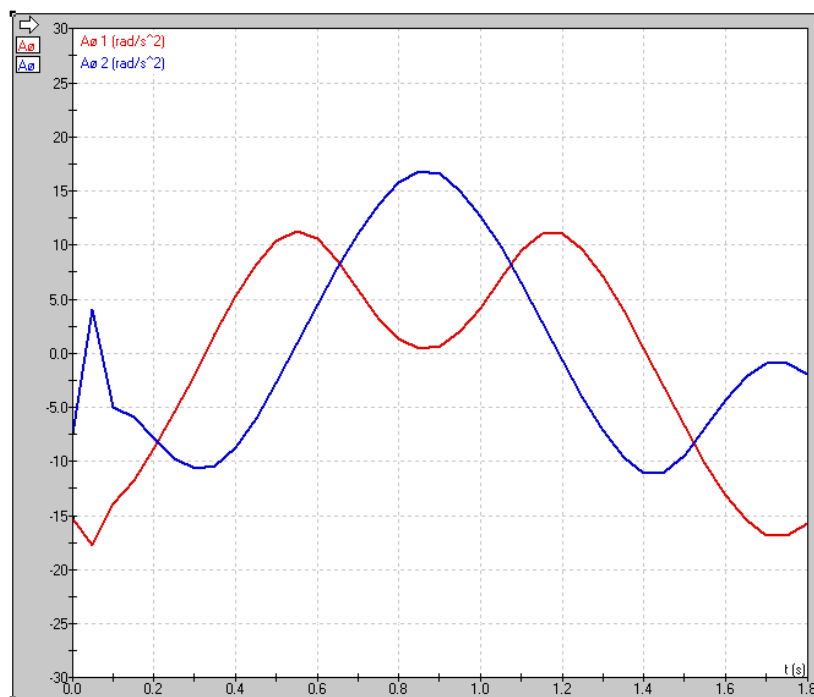


Figura 49: Posición de  $O_1$  (rot 1 rojo) y  $O_2$  (rot 2 azul)



**Figura 50: Velocidades de  $O_1$  ( $V_{\emptyset 1}$  rojo) y  $O_4$  ( $V_{\emptyset 2}$  azul)**



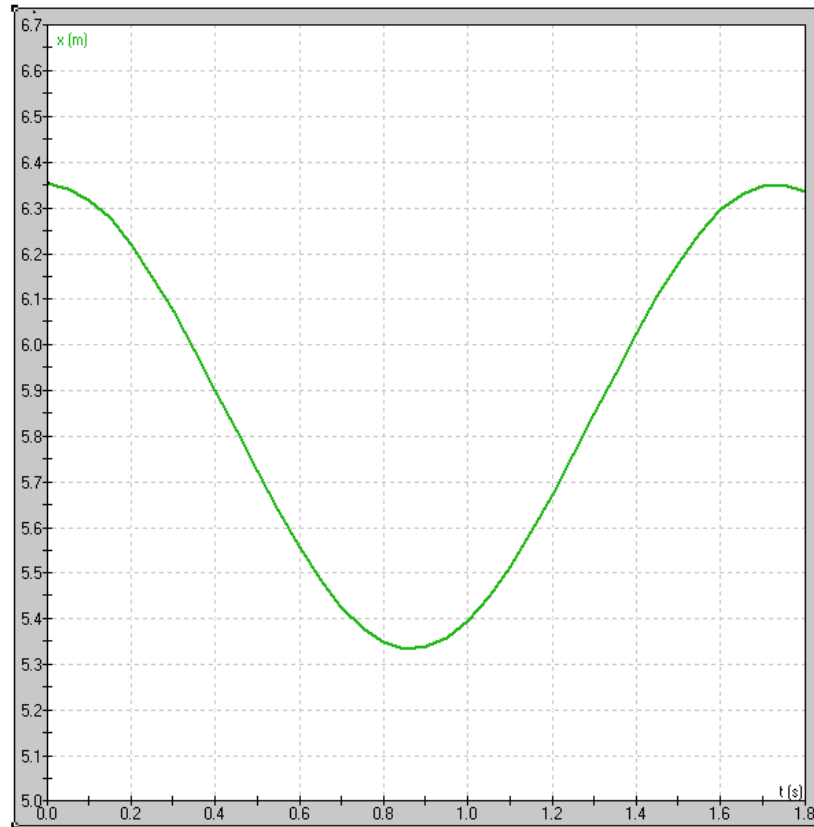
**Figura 51: Aceleración de  $O_1$  ( $A_{\emptyset 1}$  rojo) y  $O_4$  ( $A_{\emptyset 2}$  azul)**

Las siguientes figuras son las graficas de posición, velocidad y aceleración del punto C. Todas ellas se refieren a parámetros lineales en x ya



**PROYECTO DE FIN DE CARRERA:  
"DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE  
TROQUELADO Y EMBUTICIÓN"**

que la trayectoria es una línea recta y horizontal. La gráfica de posición muestra valores absolutos, pero el origen de coordenadas no coincide con el origen del movimiento. Debido a que a nosotros solo nos interesan los valores relativos sólo tendremos que restar los valores mínimos a los máximos.



**Figura 52: Posición de C**

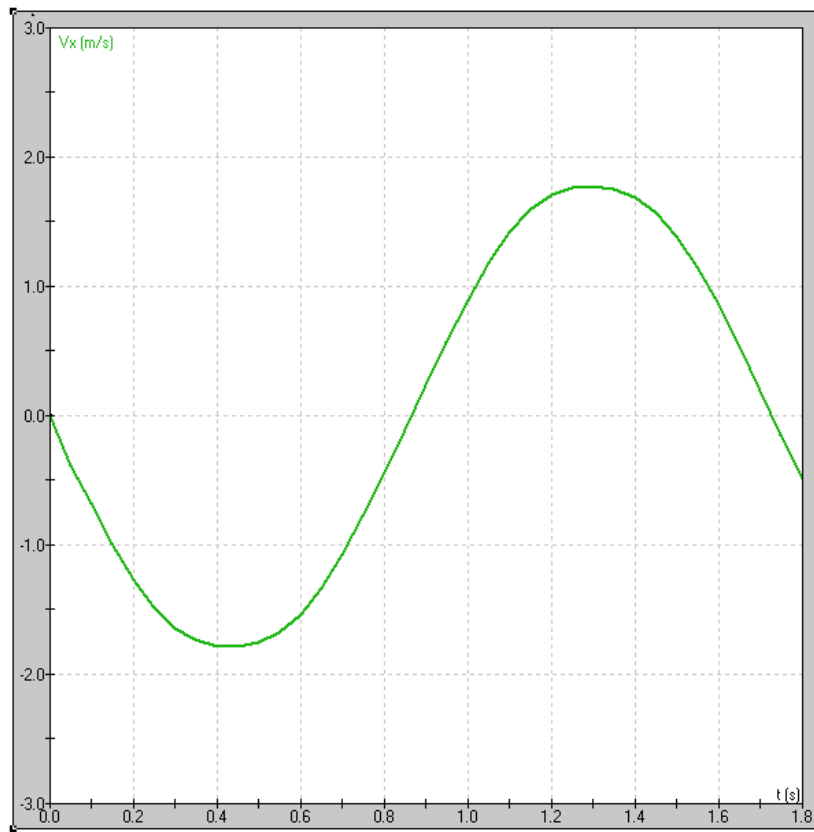


Figura 53: Velocidad de C

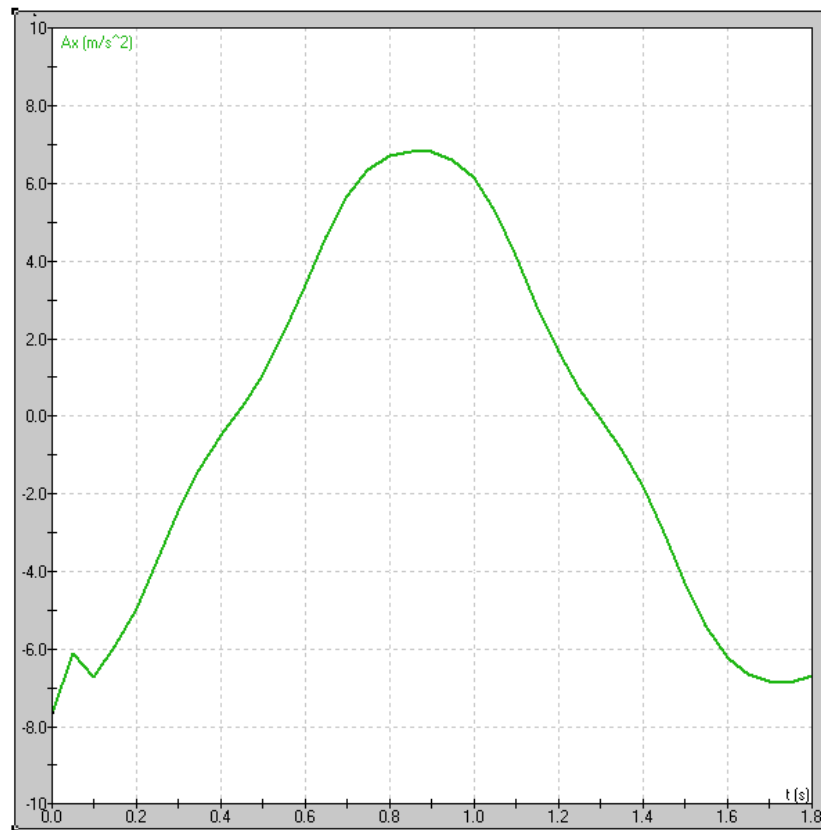


Figura 54: Aceleración de C

## 2.2 CÁLCULOS DINÁMICOS

Constará de los siguientes pasos: cálculo de las fuerzas y momentos inerciales, determinación de los desplazamientos virtuales y determinación de las fuerzas y momentos aplicados.

### 2.2.1 CÁLCULO DE LAS FUERZAS Y MOMENTO INERCIALES

Realizaremos el cálculo en los centros de masas de cada una de las conexiones. Las fuerzas que actúan en los centros de masas constan de dos partes: fuerza inercial y fuerza gravitatoria. El momento que actúa en las conexiones es el momento inercial.

Para calcular las fuerzas inerciales, primero hay que determinar las aceleraciones lineales de los centros de masas de cada elemento conectivo.

$$a_i = \dot{\omega}_i \times Q_i r_i + \omega_i \times (\omega_i \times Q_i r_i), i = 1,2 \quad (2.30)$$

$$a_i = \dot{\omega}_j \times Q_j l_{j-2} + \omega_j \times (\omega_j \times Q_j l_{j-2}) + \dot{\omega}_j \times Q_j r_j + \omega_j \times (\omega_j \times Q_j r_j), j = 3,4 \quad (2.31)$$

Donde  $Q_i$  y  $l_i$  son la matriz de orientación de la  $i$ -enésima conexión y el vector de posición de la longitud respectivamente, mientras que  $r_i$  es el vector de posición desde el centro de masas de la  $i$ -enésima conexión hasta el par cinemático que conecta esta conexión con la conexión anterior.

$$Q_i = \begin{bmatrix} \cos \alpha_i & -\sin \alpha_i \\ \sin \alpha_i & \cos \alpha_i \end{bmatrix}, l_i = \begin{bmatrix} 0 \\ l_i \end{bmatrix}, r_i = \begin{bmatrix} 0 \\ r_i \end{bmatrix} \quad (2.32)$$

Tras esto, las fuerzas y momentos actuantes sobre los centros de masas de cada conexión pueden ser directamente calculadas como:

$$f_i = -m_i a_i + w_i, i = 1, \dots, 4 \quad (2.33)$$

$$m_i = -\frac{d}{dt}(Q_i I_i Q_i^T \omega_i), i = 1, \dots, 4 \quad (2.34)$$

Donde  $f_i$  y  $m_i$  son las fuerzas y momentos inerciales actuando sobre cada conexión,  $l_i$  y  $w_i$  son los momentos de inercia y el vector gravedad (o peso) de cada conexión respectivamente.

### 2.2.2 CÁLCULOS DE LOS DESPLAZAMIENTOS VIRTUALES DE LAS CONEXIONES.



PROYECTO DE FIN DE CARRERA:  
"DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE  
TROQUELADO Y EMBUTICIÓN"

Este es el paso más importante para la determinación de las fuerzas generalizadas aplicadas o de entrada. Para este mecanismo se usan directamente las ecuaciones de velocidad que obtendremos a continuación.

Usando el bucle cerrado del robot de dos grados de libertad podemos obtener:

$$\omega_1 E a_1 + \omega_3 E a_3 = \omega_2 E a_2 + \omega_4 E a_4 \quad (2.35)$$

Donde

$$E = \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Es un operador 2 x 2 que hace rotar un vector bidimensional arbitrario en contra de las agujas del reloj en un ángulo de 90°.  $a_i$  ( $i=1, \dots, 4$ ) son de nuevo los vectores de posición de cada conexión.

De la ecuación 2.35 obtenemos:

$$A^* w + B^* w_I = 0 \quad (2.36)$$

Donde

$$A^* = [a_3 \quad -a_4]$$

$$B^* = [a_1 \quad -a_2]$$

$$w_0 = \begin{bmatrix} \omega_3 \\ \omega_4 \end{bmatrix}$$

$$w_I = \begin{bmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \end{bmatrix}$$

La ecuación 2.36 puede ser usada como la matriz de velocidad del robot en el momento en que este usa las velocidades angulares de las conexiones 3 y 4 como vectores de salida.  $A^*$  es escrita como

$$A^* = \begin{bmatrix} l_3 \cos \alpha_1 & -l_4 \cos \alpha_2 \\ l_3 \sin \alpha_1 & -l_4 \sin \alpha_2 \end{bmatrix} \quad (2.37)$$

Siendo su determinante:

$$\det(A^*) = l_3 l_4 \sin(\alpha_1 - \alpha_2) \quad (2.38)$$

En la ecuación 2.38 se observa claramente que para los casos en los que  $\alpha_1 - \alpha_2 = 0$  o  $180$  el determinante será cero. Esto significará que los vectores  $a_3$  y  $a_4$  están alineados y el robot se encontrará en una posición incompatible.

Una vez obtenida la ecuación de velocidad, de la ecuación 2.36 tenemos

$$w_0 = -A^{*-1} B^* w_I \quad (2.39)$$

Ahora tomaremos  $\delta\theta_i$  como el desplazamiento angular virtual del  $i$ -enésimo ramal correspondiente al ángulo  $\theta_i$  ( $i=1,2$ ) y  $\delta\omega_{j+z}$  como el desplazamiento angular virtual correspondiente a los ángulos  $\alpha_j$  ( $j=1,2$ ).

De la ecuación 2.39 podemos obtener:

$$\delta w_0^i = -A^{*-1} B^* \delta w_I^i, i = 1,2 \quad (2.40)$$

Donde





$$\delta w_{\mathcal{O}}^i = \begin{bmatrix} \delta \omega_3^i \\ \delta \omega_4^i \end{bmatrix}, \delta w_i^1 = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}, \delta w_i^2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2.41)$$

Habiendo obtenido los desplazamientos angulares virtuales de cada conexión del robot, los desplazamientos lineales virtuales en el centro de masas de cada conexión pueden obtenerse a partir de

$$\delta_i = \delta \omega_i \times Q_i r_i, i = 1,2 \quad (2.42)$$

$$\delta_j = \delta \omega_j \times Q_j l_{j-2} + \delta_i = \delta \omega_j \times Q_j r_j, j = 3,4 \quad (2.43)$$

Donde  $\delta_i$  ( $i=1,2$ ) y  $\delta_j$  ( $j=3,4$ ) son el desplazamiento lineal virtual en el centro de masas de las conexiones del robot.

### 2.2.3 CÁLCULO DE LAS FUERZAS Y PARES APLICADOS

Finalmente, el principio de trabajo virtual puede ser utilizado para el cálculo de los pares aplicados:

$$\tau_i = \sum_{j=1}^4 (f_j \delta_j^i + m_j \delta \omega_j^i), i = 1,2$$

Donde  $\tau_i$  es la fuerza o par aplicado al  $i$ -enésimo par actuador.

### 2.3 CÁLCULO DE RESISTENCIAS EN FATIGA

Una vez que sabemos cómo se mueve el robot y por qué se mueve el robot podemos empezar a aplicar las cargas que aparecerán en las piezas que lo forman para de esta manera asegurarnos de que en los momentos de máxima solicitud, estas no van a fallar.

El estudio se ha limitado a las piezas con mayor posibilidad de fallar debido a que soportan cargas apreciables y se han eliminado del estudio aquellas que no aportan al robot más que aspectos geométricos.

Conociendo la velocidad y la aceleración en el conector podemos calcular el momento que se aplica sobre él para que produzca dichos movimientos:

$$\omega_z = \begin{bmatrix} 3.5 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \text{rad/s}, \alpha_z = \begin{bmatrix} 17 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \text{rad/s}^2$$

$$\bar{M}_G = \bar{H}_G = T_G \omega_z = T_G \alpha_z = I_X \alpha_z = 1.69(\text{kgm}^2) \cdot 17(\text{rad/s}^2) = 28.79 \text{ Nm}$$

Donde  $I_x$  son las inercias de todas las piezas que mueve el conector desplazadas hasta el centro de gravedad de este.

Ahora haremos un estudio de fatiga para el conector como pieza torsionada por un par invertido y simétrico.

$$\tau_a = \tau_{max} = \frac{T_{max}}{W} = \frac{287.0(\text{Ncm})}{207.64(\text{cm}^3)} = 13.85 \text{ N/cm}^2 = 1.41 \text{ kg/cm}^2$$

Siendo el momento resistente de una sección circular hueca

$$W = 2\pi R_e^3 (R_e - R_i)$$

Obteniendo el factor de seguridad nos haremos una idea de lo seguro que son nuestros dimensionamientos.

$$\frac{1}{S} = \frac{K_f \tau_a}{\tau_{fat}} = \frac{2.5 \cdot 1.41(\text{kg/cm}^2)}{857.0(\text{kg/cm}^2)} = 4.1 \cdot 10^{-3} \Rightarrow S = 243$$



Donde

$$K_f = 2.5$$

$$\sigma_{fat} = (\sigma_{fat})_{tabla} K_{sup} K_{tam} = \frac{\sigma_R}{2} \cdot 0.9 \cdot 0.85 = 1486.24 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_{fat} = 0.5\sigma_{fat} = 857.72 \text{ kg/cm}^2$$

Inicialmente el coeficiente de seguridad parece demasiado alto, pero al final de los cálculos se dan razones para que esto sea así.

Del brazo (tanto derecho como izquierdo) conocemos también como se mueve uno de sus extremos (Gráficas 2, 3) y podemos averiguar que aceleraciones aparecen en el extremo opuesto, como también que fuerzas aparecen. La gravedad se incluye en este caso ya que puede afectar parcial o totalmente, sumándose a la fuerza debida a los movimientos.

$$a_B = a_B^a = a_B^{at} + a_B^{arn} + a_B^{art}$$

$$a_B^{at} = 0$$

$$a_B^{arn} = \omega_2 \times [\omega_2 \times (B - O_2)] = \omega_2 \times \begin{bmatrix} \bar{i} & \bar{j} & \bar{k} \\ 3.5 & 0 & 0 \\ 0 & 0.4 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{i} & \bar{j} & \bar{k} \\ 3.5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1.4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ -4.9 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$a_B^{art} = \alpha_2 \times (B - O_2) = \begin{bmatrix} \bar{i} & \bar{j} & \bar{k} \\ 17 & 0 & 0 \\ 0 & 0.4 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 6.8 \end{bmatrix}$$

Los efectos de la aceleración normal son bastante menores si tenemos en cuenta que a los efectos de la aceleración tangencial hay que sumarles los efectos de la gravedad.

$$F_{sist} = m_{sist} a_B$$

$$m_{sist} = 7 \text{ kg}$$

$$a_B = \begin{bmatrix} 0 \\ 4.9 \\ 6.8 + 9.81 \end{bmatrix} m/s^2$$

$$F_{sist} = \begin{bmatrix} 0 \\ 34.3 \\ 116.27 \end{bmatrix} N$$

Una vez conocidas esas fuerzas haremos un estudio de fatiga donde la sección más estrecha será la estudiada. Dado que aparece una fuerza que provocará flexión y otra que provocará tracción se hará un estudio combinado, siendo el estado de las cargas en función del tiempo inverso y simétrico.

Los efectos de flexión serán:

$$K_f = K_t = 2$$

Por ser el aluminio un material dúctil,

$$\sigma_a = \frac{M_f}{W} = \frac{Pl}{\frac{bh^3}{6}} = \frac{4.74(kgcm)}{25.63(cm^3)} = 0.185 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{fat} = (\sigma_{fat})_{tabla} K_{sup} K_{tam} = 0.4\sigma_R \cdot 0.9 \cdot 0.88 = 406.9 \text{ kg/cm}^2$$

Y los de tracción:

$$\sigma_a' = \frac{P}{S} = \frac{3.496(kg)}{8.52(cm^2)} = 0.41 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{fat}' = (\sigma_{fat})_{tabla} K_{sup} K_{tam} K_{axtal} = 0.4\sigma_R \cdot 0.9 \cdot 0.88 \cdot 0.8 = 325.5 \text{ kg/cm}^2$$



Y el efecto combinado

$$\frac{1}{S} = \sqrt{\left(\frac{K_f \sigma_a}{\sigma_{fat}}\right)^2 + \left(\frac{K_f \sigma_a'}{\sigma_{fat}'}\right)^2} = 0.0117 \Rightarrow S = 85.4$$

Para los ejes 2 y 3 las características cinemáticas y dinámicas serán compartidas con el punto B. De esta manera podremos empezar a hacer el estudio de fatiga y utilizando esos datos.

$$K_f = 1 + q(K_t - 1) = 1 + 0.8(2.5 - 1) = 2.2$$

$$\sigma_a = \frac{M_f}{W} = \frac{(Pa)}{\frac{\pi 20^3}{32}} = \frac{53.32(kgcm)}{785.4(cm^3)} = 0.068 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{1}{S} = \frac{K_f \sigma_a}{\sigma_{fat}} = \frac{2.2 \cdot 0.068 \text{ (kg/cm}^2\text{)}}{1337.6 \text{ (kg/cm}^2\text{)}} = 1 \cdot 10^{-4} \Rightarrow S = 100$$

En el caso de los soportes de giro las máximas tensiones que tendrán que soportar serán las procedentes de aplicar sobre los ejes 2 y 3 las fuerzas necesarias para que describa el movimiento definido y estos a su vez las transmitan a los soportes giratorios.

$$a_B = a_B^a = a_B^{at} + a_B^{arn} + a_B^{art}$$

$$a_B^{at} = 0$$

$$a_B^{arn} = \omega_2 \times [\omega_2 \times (B - O_2)] = \omega_2 \times \begin{vmatrix} \bar{i} & \bar{j} & \bar{k} \\ 3.5 & 0 & 0 \\ 0 & 0.4 & 0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \bar{i} & \bar{j} & \bar{k} \\ 3.5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1.4 \end{vmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ -4.9 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$a_B^{grt} = a_2 \times (B - O_2) = \begin{bmatrix} \bar{i} & \bar{j} & \bar{k} \\ 17 & 0 & 0 \\ 0 & 0.4 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 6.8 \end{bmatrix}$$

Los efectos de la aceleración normal son bastante menores si tenemos en cuenta que a los efectos de la aceleración tangencial hay que sumarles los efectos de la gravedad.

$$F_{stst} = m_{stst} a_B^a$$

$$m_{stst} = 7 \text{ kg}$$

$$a_B = \begin{bmatrix} 0 \\ 4.9 \\ 6.8 + 9.81 \end{bmatrix} m/s^2$$

$$F_{stst} = \begin{bmatrix} 0 \\ 34.3 \\ 116.27 \end{bmatrix} N$$

Y su estudio de fatiga será:

$$K_f = K_t = 2$$

$$\sigma_a = \frac{P}{S} = \frac{11.85(kg)}{8.52(cm^2)} = 1.39 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{fat} = (\sigma_{fat})_{tabla} K_{sup} K_{tam} K_{axtal} = 0.4\sigma_R \cdot 0.9 \cdot 0.88 \cdot 0.8 = 813.79 \text{ kg/cm}^2$$

Y el efecto combinado

$$\frac{1}{S} = \frac{K_f \sigma_a}{\sigma_{fat}} = 3.41 \cdot 10^{-5} \text{ } \square \text{ } S = 292$$

Para calcular la fuerza que aparece en el tubo que conecta el punto A (codo) con el punto C (efector final) tendremos que calcular su aceleración total a partir de la siguiente formula.



$$a_G = a_G^r + a_G^a + a_G^c$$

Desarrollando cada termino

$$a_G^r = a_G^{rt} + a_G^{rn} + a_G^{rt}$$

$$a_G^{rt} = 0$$

$$a_G^{rn} = \omega_A \times [\omega_A \times (G - A)] = \omega_A \times \begin{bmatrix} \bar{i} & \bar{j} & \bar{k} \\ 2.1 & 0 & 0 \\ 0 & -0.36 & -0.17 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{i} & \bar{j} & \bar{k} \\ 2.1 & 0 & 0 \\ 0 & 0.357 & -0.756 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1.588 \\ 0.75 \end{bmatrix} m/s^2$$

$$a_G^{rt} = \alpha_A \times (G - A) = \begin{bmatrix} \bar{i} & \bar{j} & \bar{k} \\ 5 & 0 & 0 \\ 0 & -0.36 & -0.17 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0.85 \\ -1.8 \end{bmatrix} m/s^2$$

$$a_G^r = 0 + \begin{bmatrix} 0 \\ 1.588 \\ 0.75 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0.85 \\ -1.8 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 2.438 \\ -1.05 \end{bmatrix} m/s^2$$

$$a_G^a = a_G^{at} + a_G^{an} + a_G^{art}$$

$$a_G^{at} = 0$$

$$a_G^{an} = \omega_2 \times [\omega_2 \times (G - O_2)] = \omega_A \times \begin{bmatrix} \bar{i} & \bar{j} & \bar{k} \\ 3.5 & 0 & 0 \\ 0 & 0.11 & -0.65 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{i} & \bar{j} & \bar{k} \\ 3.5 & 0 & 0 \\ 0 & 2.275 & 0.385 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ -1.35 \\ 7.96 \end{bmatrix} m/s^2$$

$$a_G^{art} = \alpha_2 \times (G - O_2) = \begin{bmatrix} \bar{i} & \bar{j} & \bar{k} \\ 17 & 0 & 0 \\ 0 & 0.11 & -0.65 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 11.05 \\ 1.87 \end{bmatrix} m/s^2$$

$$a_G^a = 0 + \begin{bmatrix} 0 \\ -1.35 \\ 7.96 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 11.05 \\ 1.87 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 9.7 \\ 9.83 \end{bmatrix} m/s^2$$

$$a_G^c = 2\omega_G^a \times v_G^r$$

$$v_G^r = v_G^{rt} + v_G^{rn}$$

$$v_G^{rt} = \begin{bmatrix} 0 \\ -1.8 \\ 0 \end{bmatrix} m/s$$

$$v_G^{rr} = \omega_A \times (G - A) = \begin{bmatrix} \bar{i} & \bar{j} & \bar{k} \\ 2.1 & 0 & 0 \\ 0 & -0.36 & -0.17 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ -0.36 \\ -0.17 \end{bmatrix} m/s$$

$$v_G^r = \begin{bmatrix} 0 \\ -1.8 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ -0.36 \\ -0.17 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ -2.16 \\ -0.17 \end{bmatrix} m/s$$

$$a_G^C = 2 \begin{bmatrix} \bar{i} & \bar{j} & \bar{k} \\ 3.5 & 0 & 0 \\ 0 & -2.16 & -0.17 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0.6 \\ -7.56 \end{bmatrix} m/s^2$$

$$a_G = \begin{bmatrix} 0 \\ 2.438 \\ -1.05 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 9.7 \\ 9.83 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0.6 \\ -7.56 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 12.74 \\ 1.22 \end{bmatrix} m/s^2$$

De aquí obtenemos que la fuerza que actúa en el centro de gravedad o centro de masas es

$$F_{Gtubo} = m_{tubo} a_G$$

$$m_{stst} = 1.844 \text{ kg}$$

$$a_G = \begin{bmatrix} 0 \\ 12.74 \\ 1.22 \end{bmatrix} m/s^2$$

$$F_{stst} = \begin{bmatrix} 0 \\ 23.49 \\ 2.25 \end{bmatrix} N$$

Y su correspondiente estudio de fatiga:

$$K_f = 1 + q(K_t - 1) = 1 + 0.8(2.5 - 1) = 2.2$$





PROYECTO DE FIN DE CARRERA:  
 "DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE  
 TROQUELADO Y EMBUTICIÓN"

$$\sigma_a = \frac{M_f}{W} = \frac{\left(\frac{Pl}{4}\right)}{\pi R^2 e} = \frac{47.8(kgcm)}{56.54(cm^3)} = 0.85 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{1}{S} = \frac{K_f \sigma_a}{\sigma_{fat}} = \frac{2.2 \cdot 0.85 \left(\frac{kg}{cm^2}\right)}{735.98 \left(\frac{kg}{cm^2}\right)} = 2.54 \cdot 10^{-8} S = 196$$

Conociendo las aceleraciones lineales (Grafica 6) que soporta el eje 1 moviéndose solidariamente con los inmovilizadores 1 y 2 y el soporte para sistema de vacío y suponiendo que las fuerzas que producen esta aceleración son aplicadas por ambos soportes de giro equitativamente podremos decir que

$$F_{stst} = m_{stst} a_{eje}$$

Donde

$$m_{stst} = 0.737 + 0.737 + 0.189 + 0.743 + 0.437 + 0.450 = 3.29 \text{ kg}$$

$$a_{eje} = 7 \text{ m/s}^2$$

$$F_{stst} = 23.03 \text{ N}$$

Una vez conocemos esto podemos realizar el estudio de fatiga correspondiente.

$$K_f = 1 + q(K_t - 1) = 1 + 0.8(2.5 - 1) = 2.2$$

$$\sigma_a = \frac{M_f}{W} = \frac{\left(\frac{Pa^3}{l}\right)}{\frac{\pi 20^2}{32}} = \frac{2.32(kgcm)}{785.4(cm^3)} = 0.063 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{1}{S} = \frac{K_f \sigma_a}{\sigma_{fat}} = \frac{2.2 \cdot 0.063 \left( \frac{kg}{cm^2} \right)}{1337.6 \left( \frac{kg}{cm^2} \right)} = 9.62 \cdot 10^{-5} \Rightarrow S = 103$$

### 2.3.1 CONCLUSIONES:

Lo primero que llama la atención es el elevado valor de los coeficientes de seguridad. Esto se debe a varias razones de bastante importancia:

- Los requerimientos de rigidez de estos robots son muy elevados y dado que poseen grandes capacidades de carga y elevadas velocidades deben ser muy robustos o sacrificarían la elevadísima precisión.
- Dado que este diseño es un pedido único, un cálculo con mayor precisión y profundidad alargaría la fase de diseño incrementando el precio del robot considerablemente, amén de necesitar un programa de cálculo de elementos finitos en función del tiempo del cual no se disponía en el momento del diseño. Si se desease una producción en serie del robot sí que sería recomendable una optimización del robot y un estudio en mayor profundidad.
- Los ingenieros intentamos trabajar siempre en la zona de la curva de tensión-deformación donde el comportamiento es lineal, es decir, deformaciones elásticas. Cuanto mayores son los coeficientes de seguridad mayor es la certeza de que estamos dentro de esos campos lineales, siendo esto lo deseado.



**PROYECTO DE FIN DE CARRERA:  
“DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE  
TROQUELADO Y EMBUTICIÓN”**

### **3. PLANOS**

Los planos de este proyecto están incluidos en el ANEXO 1: PLANOS al final del proyecto.

## **4. PLIEGO DE CONDICIONES**

### **4.1 CAPÍTULO 1: CONDICIONES GENERALES**

#### **4.1.1 DISPOSICIONES GENERALES**

##### **NATURALEZA Y OBJETIVO DEL PLIEGO GENERAL**

###### **Artículo 1:**

El presente Pliego General de Condiciones tiene un carácter supletorio del Pliego de Condiciones Particular del Proyecto. Ambos, como parte del proyecto, tienen por finalidad regular la ejecución de las obras derivadas de la instalación del robot y su estructura metálica asociada en la nave de la empresa UNASA S.L. de Valladolid, fijando los niveles técnicos y de calidad exigibles, precisando las intervenciones que corresponden, según contrato y con arreglo a la legislación aplicable, al Promotor o dueño de la obra, al Contratista o constructor de la misma, sus técnicos o encargados, y al Director de obra, así como las relaciones entre todos ellos y sus correspondientes obligaciones en orden al cumplimiento del contrato de obra.

Las obras accesorias, entendiéndose por este nombre las que no pueden ser previstas en todos sus detalles, se construirán conforme vaya surgiendo la necesidad. Cuando su importancia lo exija, se realizarán proyectos adicionales que las definan. En casos de menor importancia, se seguirán las directrices que disponga el Director de obra.

##### **DOCUMENTACIÓN DEL CONTRATO DE OBRA**

###### **Artículo 2:**

Integran el contrato los siguientes documentos relacionados por orden de prelación en cuanto al valor de sus especificaciones en caso de omisión o aparente contradicción:

1. Las condiciones fijadas en el propio documento de contrato de empresa o arrendamiento de obra, si existiere.
2. El Pliego de Condiciones particulares.
3. El presente Pliego General de Condiciones.



**PROYECTO DE FIN DE CARRERA:  
"DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE  
TROQUELADO Y EMBUTICIÓN"**

4. El resto de la documentación del Proyecto (memoria, planos, mediciones y presupuesto).

Las órdenes e instrucciones de la Dirección facultativa de las obras se incorporan al Proyecto como interpretación, complemento o precisión de sus determinaciones.

En cada documento, las especificaciones literales prevalecen sobre las gráficas y en los planos, la cota prevalece sobre la medida a escala.

#### **4.1.2 DISPOSICIONES FACULTATIVAS O LEGALES:**

##### **4.1.2.1 DELIMITACIÓN GENERAL DE FUNCIONES TÉCNICAS**

###### **EL DIRECTOR DE OBRA**

###### **Artículo 3:**

La junta rectora de la Propiedad designará al Ingeniero Técnico Director de Obra, representante de la propiedad frente al contratista, en quien recaerán las siguientes funciones:

- Planificar, a la vista del proyecto, del contrato y de la normativa técnica de aplicación, el control de calidad y económico de las obras.
- Redactar, cuando se requiera expresamente por el constructor, el estudio de los sistemas adecuados a los riesgos del trabajo en la realización de la obra y aprobar el plan de seguridad e higiene para la aplicación del mismo.
- Efectuar el replanteo de la obra y preparar el acta correspondiente, suscribiéndola en unión del Constructor.
- Comprobar la adecuación de la cimentación proyectada a las características reales del suelo.
- Ordenar, dirigir y vigilar la ejecución material con arreglo al proyecto, a las normas técnicas y a las reglas de buena construcción.

- Asistir a las obras, cuantas veces lo requiera su naturaleza y complejidad, a fin de resolver las contingencias que se produzcan e impartir las instrucciones complementarias que sean precisas para conseguir la correcta solución.
- Coordinar la intervención en obra de otros técnicos que, en su caso, concurren a la dirección con función propia en aspectos parciales de su especialidad.
- Realizar o disponer las pruebas y ensayos de materiales, instalaciones y demás unidades de obra según las frecuencias de muestreo programadas en el plan de control, así como efectuar las demás comprobaciones que resulten necesarias para asegurar la calidad constructiva, de acuerdo con el proyecto y la normativa técnica aplicable. De los resultados informará puntualmente al constructor, impartiendo en su caso, las órdenes oportunas.
- Realizar las mediciones de obra ejecutada, realizar y aprobar las certificaciones parciales, realizar y aprobar la certificación final de obra, y asesorar al promotor en el acto de la recepción.
- Suscribir el certificado final de obra.

## **EL CONSTRUCTOR**

### **Artículo 4:**

El Constructor o Contratista habrá de proporcionar toda clase de facilidades al Director de obra, o a sus subalternos a fin de que estos puedan desempeñar su trabajo con la máxima eficacia. Específicamente corresponde al Constructor:

- Organizar los trabajos de construcción, redactando los planes de obra que se precisen y proyectando o autorizando las instalaciones provisionales y medios auxiliares de la obra.
- Elaborar, cuando se requiera, el Plan de Seguridad e Higiene de la obra en aplicación del estudio correspondiente y disponer en todo caso la ejecución de medidas preventivas, velando por su cumplimiento y por la



**PROYECTO DE FIN DE CARRERA:  
"DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE  
TROQUELADO Y EMBUTICIÓN"**

observación de la normativa vigente en materia de seguridad e higiene en el trabajo.

- Suscribir con el Director de Obra el acta de replanteo de la obra.
- Ostentar la jefatura de todo el personal que intervenga en la obra y coordinar las intervenciones de los subcontratistas.
- Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales y elementos constructivos que se utilicen, comprobando los preparados en obra y rechazando, por iniciativa propia o prescripción del Director de Obra, los suministros o prefabricados que no cuenten con las garantías o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación.
- Custodiar el Libro de órdenes y seguimiento de la obra, y dar el enterado a las anotaciones que se practiquen en el mismo.
- Facilitar al Director de Obra con antelación suficiente, los materiales precisos para el cumplimiento de su cometido.
- Preparar las certificaciones parciales de obra y la propuesta de liquidación final.
- Suscribir con el Promotor las actas de recepción provisional y definitiva.
- Concertar los seguros de accidentes de trabajo y de daños a terceros durante la obra.

**4.1.2.2 DE LAS OBLIGACIONES Y DERECHOS GENERALES  
DE CONSTRUCTOR Y CONTRATISTA**

**VERIFICACIÓN DE LOS DOCUMENTOS DEL  
PROYECTO**

**Artículo 5:**

Antes de dar comienzo a las obras e inmediatamente después de recibidos, el Constructor deberá confrontar la documentación relacionada con el proyecto que le haya sido aportada y deberá informar con la mayor brevedad posible al Director de las Obras sobre cualquier discrepancia, contradicción u omisión solicitando las aclaraciones pertinentes.

## **PLAN DE SEGURIDAD E HIGIENE**

### **Artículo 6:**

El Constructor, a la vista del Proyecto de Ejecución conteniendo, en su caso, el Estudio de Seguridad e Higiene, presentará el Plan de Seguridad e Higiene de la obra a la aprobación del Director de Obra de la dirección facultativa.

## **OFICINA DE LA OBRA**

### **Artículo 7:**

El Constructor habilitará en la obra una oficina en la que existirá una mesa o tablero adecuado, en el que puedan extenderse y consultarse los planos. En dicha oficina tendrá siempre el Contratista a disposición del Director de Obra de la Dirección Facultativa:

- El proyecto de Ejecución completo, incluidos los complementos que en su caso redacte el Ingeniero proyectista o Director de Obra.
- La Licencia de Obras.
- El libro de Órdenes y Asistencias.
- El Plan de Seguridad e Higiene.
- El libro de incidencias.
- El Reglamento y Ordenanza de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- La documentación de los seguros mencionada en el artículo 4º, décimo punto.





**PROYECTO DE FIN DE CARRERA:  
"DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE  
TROQUELADO Y EMBUTICIÓN"**

Dispondrá además el Constructor una oficina para la Dirección Facultativa, convenientemente acondicionada para que en ella se pueda trabajar con normalidad a cualquier hora de la jornada.

## **PRESENTACIÓN DEL CONTRATISTA**

### **Artículo 8:**

El Constructor viene obligado a comunicar a la propiedad la persona designada como delegado suyo en la obra, que tendrá carácter de Jefe de la misma, con dedicación plena, y con facultades para representarle y adoptar en todo momento cuantas decisiones competan a la contrata.

Serán sus funciones las del Constructor según se especifica en el artículo 4º.

Cuando la importancia de las obras lo requiera y así se consigne en el Pliego de

"Condiciones Particulares de Índole Facultativa", el Delegado del Contratista será un facultativo de grado superior o grado medio, según los casos.

El Pliego de Condiciones Particulares determinará el personal facultativo o especialista que el Constructor se obligue a mantener en la obra como mínimo, y el tiempo de dedicación comprometido.

El incumplimiento de esta obligación o, en general, la falta de cualificación suficiente por parte del personal según la naturaleza de los trabajos, facultará al Director de Obra para ordenar la paralización de las obras, sin derecho a reclamación alguna, hasta que se subsane la deficiencia.

## **PRESENCIA DEL CONSTRUCTOR EN LA OBRA**

### **Artículo 9:**

El Jefe de obra, por sí o por medio de sus técnicos o encargados, deberá estar presente durante la jornada legal de trabajo y acompañará al Director de obra en las visitas que haga a las obras, poniéndose a su disposición para la práctica de los reconocimientos que se consideren necesarios y suministrándoles los datos precisos para la comprobación de mediciones y liquidaciones.

## **TRABAJOS NO ESTIPULADOS EXPRESAMENTE**

### **Artículo 10:**

Es obligación de la contrata el ejecutar cuando sea necesario para la buena construcción y aspecto de las obras, aún cuando no se halle expresamente determinado en los documentos del Proyecto, siempre que, sin separarse de su espíritu y recta interpretación, lo disponga el Director de obra dentro de los límites de posibilidades que los presupuestos habiliten para cada unidad de obra y tipo de ejecución.

En defecto de especificación en el Pliego de Condiciones particulares, se entenderá que requiere reformado de proyecto con consentimiento expreso de la propiedad, toda variación que suponga incremento de precios de alguna unidad de obra en más del 20 % o del total del presupuesto en más de un 10%.

## **INTERPRETACIONES, ACLARACIONES Y MODIFICACIONES DE LOS DOCUMENTOS DEL PROYECTO**

### **Artículo 11:**

Cuando se trate de aclarar, interpretar o modificar preceptos de los Pliegos de Condiciones o indicaciones de los planos o croquis, las órdenes e instrucciones correspondientes se comunicarán precisamente por escrito al Constructor, estando éste obligado a su vez a devolver los originales o las copias suscribiendo con su firma el enterado, que figurará al pie de todas las órdenes, avisos o instrucciones que reciba del Director de obra.

Cualquier reclamación que en contra de las disposiciones tomadas por éstos crea oportuno hacer el Constructor, habrá de dirigirla, dentro del plazo de tres días, a quien la hubiere dictado, el cual dará al Constructor el correspondiente recibo, si éste lo solicitase.

### **Artículo 12:**

El Constructor podrá requerir al Director de Obra las instrucciones o aclaraciones que se precisen para la correcta interpretación y ejecución de lo proyectado.

## **RECLAMACIONES CONTRA LAS ÓRDENES DE LA DIRECCIÓN FACULTATIVA**



### **Artículo 13:**

Las reclamaciones que el Contratista quiera hacer contra las órdenes o instrucciones dimanadas de la Dirección Facultativa, sólo podrá presentarlas, a través del Director de obra, ante la propiedad, si son de orden económico y de acuerdo a las condiciones estipuladas en los Pliegos de Condiciones correspondientes. Contra disposiciones de orden técnico del Ingeniero Técnico Director de obra, no se admitirá reclamación alguna, pudiendo el contratista salvar su responsabilidad, si lo estima oportuno, mediante exposición razonada dirigida al Director de obra, el cual podrá limitar su contestación al acuse de recibo, que en todo caso será obligatorio para este tipo de reclamaciones.

## **RECUSACIÓN POR EL CONTRARISTA DEL PERSONAL NOMBREDO POR EL DIRECTOR DE OBRA**

### **Artículo 14:**

El Constructor no podrá recusar al Director de obra o personal encargado por éstos de la vigilancia de las obras, ni pedir que por parte de la propiedad se designen otros facultativos para los reconocimientos y mediciones.

Cuando se crea perjudicado por la labor de éstos, procederá de acuerdo con lo estipulado en el artículo precedente, pero son que por esta causa puedan interrumpirse ni perturbarse la marcha de los trabajos.

## **FALTA DE PERSONAL**

### **Artículo 15:**

El Director de obra, en supuestos de desobediencia a sus instrucciones, manifiesta incompetencia o negligencia grave que comprometan o perturben la marcha de los trabajos, podrá requerir al Contratista que aparte de la obra a los dependientes u operarios causantes de la perturbación.

### **Artículo 16:**

El Contratista podrá subcontratar capítulos o unidades de obra a otros contratistas e industriales, con sujeción en su caso a lo estipulado en el Pliego de Condiciones particulares, y sin perjuicio de sus obligaciones como Contratista general de la obra.

### **4.1.2.3 PRESCRIPCIONES GENERALES RELATIVAS A LOS TRABAJOS, A LOS MATERIALES Y A LOS MEDIOS**

#### **CAMINOS Y ACCESOS**

##### **Artículo 17:**

El Constructor dispondrá por su cuenta los accesos a la obra y el cerramiento o vallado de ésta.

El Director de obra podrá exigir su modificación o mejora.

#### **REPLANTEO**

##### **Artículo 18:**

Antes de dar comienzo las obras, el Ingeniero Director, junto al personal subalterno necesario y en presencia del Contratista o su representante, procederá al replanteo general de la obra. El Constructor se hará cargo de las estacas, señales y referencias que se dejen en el terreno como consecuencia del replanteo iniciará las obras con el replanteo de las mismas en el terreno, señalando las referencias principales que mantendrá como base de ulteriores replanteos parciales. Dichos trabajos se considerarán a cargo del Contratista e incluidos en su oferta.

El Director podrá ejecutar u ordenar cuantos replanteos parciales considere necesarios durante el periodo de construcción para que las obras se realicen conforme al proyecto y a las modificaciones del mismo que sean aprobadas.

#### **COMIENZO DE LA OBRA. RITMO DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS**

##### **Artículo 19:**

El Constructor dará comienzo a las obras en el plazo marcado en el Pliego de Condiciones particulares, desarrollándolas en la forma necesaria para que dentro de los periodos parciales en aquel ejecutados los trabajos correspondientes y, en consecuencia, la ejecución total se lleve a efecto dentro del plazo exigido en el Contrato.



**PROYECTO DE FIN DE CARRERA:  
"DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE  
TROQUELADO Y EMBUTICIÓN"**

Obligatoriamente y por escrito deberá el contratista dar cuenta al Director de Obra del comienzo de los trabajos al menos con tres días de antelación.

## **ORDEN DE LOS TRABAJOS**

### **Artículo 20:**

En general, la determinación del orden de los trabajos será compatible con los plazos programados y es facultad de la contrata, salvo aquellos casos en que, por circunstancias de orden técnico, estime conveniente su variación la Dirección Facultativa.

## **FACILIDADES PARA OTROS CONTRATISTAS**

### **Artículo 21:**

De acuerdo con lo que requiera la Dirección Facultativa, el Contratista General deberá dar todas las facilidades razonables para la realización de los trabajos que les sean encomendados a todos los demás contratistas que intervengan en la obra. Ello sin perjuicio de las compensaciones económicas a que haya lugar entre Contratistas por utilización de medios auxiliares o suministros de energía u otros conceptos.

En caso de litigio, ambos contratistas estarán a lo que resuelva la Dirección Facultativa.

## **AMPLIACIÓN DEL PROYECTO POR CAUSAS IMPREVISTAS O DE FUERZA MAYOR**

### **Artículo 22:**

Cuando sea preciso por motivo imprevisto o por cualquier accidente ampliar el Proyecto, no se interrumpirán los trabajos, continuándose siguiendo una recta interpretación del proyecto y según las instrucciones dadas por el Director de obra, en tanto se formula o tramita el Proyecto Reformado.

El Constructor está obligado a realizar con su personal y sus materiales cuanto la Dirección de las obras disponga para apeos, apuntalamientos, derribos, recalzos o cualquier otra obra de carácter urgente, anticipando de momento este servicio, cuyo importe le será consignado en un presupuesto adicional o abonado directamente, de acuerdo con lo que se convenga.

## **PRÓRROGA POR CAUSA DE FUERZA MAYOR**

### **Artículo 23:**

Si por causa de fuerza mayor o independiente de la voluntad del Constructor, éste no pudiese comenzar las obras, o tuviese que suspenderlas, o no le fuera posible terminarlas en los plazos prefijados, se le otorgará una prórroga proporcionada para el cumplimiento de la contrata, previo informe favorable del Director de Obra, la causa que impide la ejecución o la marcha de los trabajos y el retraso que por ello se originaría en los plazos acordados, razonando debidamente la prórroga que por dicha causa solicita.

## **RESPONSABILIDAD DE LA DIRECCIÓN FACULTATIVA EN EL RETRASO DE LA OBRA**

### **Artículo 24:**

El Contratista no podrá excusarse de no haber cumplido los plazos de las obras estipulados, alegando como causa la carencia de planos u órdenes de la Dirección Facultativa, a excepción del caso en que habiéndolo solicitado por escrito no se lo hubiesen proporcionado.

## **CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS**

### **Artículo 25:**

Todos los trabajos se ejecutarán con estricta sujeción al Proyecto, a las modificaciones del mismo que previamente hayan sido aprobadas y a las órdenes e instrucciones que bajo su responsabilidad y por escrito entregue el Director de Obra al Constructor, dentro de las limitaciones presupuestarias y de conformidad con lo especificado en el artículo 10.

## **OBRAS OCULTAS**

### **Artículo 26:**

De todos los trabajos y unidades de obra que hayan de quedar ocultos a la terminación del edificio, se levantarán los planos precisos para que queden perfectamente definidos; estos documentos se extenderán por triplicado,



**PROYECTO DE FIN DE CARRERA:  
"DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE  
TROQUELADO Y EMBUTICIÓN"**

entregándose una al Director de obra, otro al Promotor y otro al Contratista, firmados todos ellos por los tres. Dichos planos, que deberán ir suficientemente acotados, se considerarán documentos indispensables e irrecusables para efectuar las mediciones.

## **TRABAJOS DEFECTUOSOS**

### **Artículo 27:**

El Constructor debe emplear los materiales que cumplan las condiciones exigidas en las "Condiciones Generales y Particulares de índole técnica" del Pliego de Condiciones y realizará todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con lo especificado también en dicho documento.

Por ello, y hasta que tenga lugar la recepción definitiva del proyecto, es responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que en éstos puedan existir por su mala ejecución o por la deficiente calidad de los materiales empleados o aparatos colocados, sin que le exonere de responsabilidad el control que compete al Director de obra, ni tampoco el hecho de que estos trabajos hayan sido valorados en las certificaciones parciales de obra, que siempre se entenderán extendidas y abonadas a buena cuenta.

Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando el Director de obra advierta vicios o defectos en los trabajos ejecutados, o que los materiales empleados o los aparatos colocados no reúnen las condiciones preceptuadas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos, o finalizados éstos, y antes de verificarse la recepción definitiva de la obra, podrá disponer que las partes defectuosas sean demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado, y todo ello a expensas de la contrata.

## **VICIOS OCULTOS**

### **Artículo 28:**

Si el Director de obra tuviese fundadas razones para creer en la existencia de vicios ocultos de construcción en las obras ejecutadas, ordenará efectuar en cualquier tiempo, y antes de la recepción definitiva, los ensayos, destructivos o no, que crea necesarios para reconocer los trabajos que suponga defectuosos.

Los gastos que se ocasionen serán de cuenta del Constructor, siempre que los vicios existan realmente. En caso contrario serán a cargo de la Propiedad.

## **DE LOS MATERIALES Y DE LOS APARATOS. SU PROCEDENCIA**

### **Artículo 29:**

El Constructor tiene libertad de proveerse de los materiales y aparatos de todas clases en los puntos que le parezca conveniente, excepto en los casos en que el Pliego Particular de Condiciones Técnicas preceptúe una procedencia determinada.

Todos los materiales serán de la mejor calidad y su colocación será perfecta. Tendrán las dimensiones que marquen los documentos del Proyecto y la Dirección Facultativa.

El transporte, manipulación y empleo de los materiales se hará de manera que no queden alteradas sus características ni sufran deterioro sus formas o dimensiones.

Obligatoriamente, y antes de proceder a su empleo o acopio, el Constructor deberá presentar al Director de obra una lista completa de los materiales y aparatos que vaya a utilizar en la que se especifiquen todas las indicaciones sobre marcas, calidades, procedencia e idoneidad de cada uno de ellos.

## **PRESENTACIÓN DE MUESTRA**

### **Artículo 30:**

A petición del Director de obra, el constructor le presentará las muestras de los materiales antes de sin cuya aprobación no podrán utilizarse en la construcción.

## **MATERIALES NO UTILIZABLES**

### **Artículo 31:**





**PROYECTO DE FIN DE CARRERA:  
"DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE  
TROQUELADO Y EMBUTICIÓN"**

El Constructor, a su costa, transportará y colocará, agrupándolos ordenadamente y en el lugar adecuado, los materiales procedentes de las excavaciones, derribos, etc., que no sean utilizables en la obra.

Se retirarán de ésta o se llevarán al vertedero, cuando así estuviese establecido en el Pliego de Condiciones Particulares vigente en la obra.

Si no se hubiese preceptuado nada sobre el particular, se retirarán de ella cuando así lo ordene el Director de Obra, pero acordando previamente con el Constructor su justa tasación, teniendo en cuenta el valor de dichos materiales y los gastos de su transporte.

## **MATERIALES Y APARATOS DEFECTUOSOS**

### **Artículo 32:**

Cuando los materiales, elementos de instalaciones o aparatos no fuesen de la calidad prescrita en este Pliego, o no tuvieran la preparación en él exigida o, en fin, cuando ante la falta de prescripciones formales de aquel se reconociera o demostrara que no eran adecuados para su objeto, el Director de obra dará orden al Constructor de sustituirlos por otros que satisfagan las condiciones o llenen el objeto a que se destinen.

Si a los quince días de recibir el Constructor orden de que retire los materiales que no estén en condiciones, no ha sido cumplida, podrá hacerlo la Propiedad cargando los gastos a la Contrata.

Si los materiales, elementos de instalaciones o aparatos fueran defectuosos, pero aceptables a juicio del Director de obra, se recibirán pero con la rebaja del precio de aquel que determine, a no ser que el Constructor prefiera sustituirlos por otros en condiciones.

## **GASTOS OCASIONADOS POR PRUEBAS Y ENSAYOS**

### **Artículo 33:**

Todas las pruebas, análisis y ensayos de materiales o elementos que intervengan en la ejecución de las obras serán verificados conforme indique el director de obra y serán de cuenta de la contrata todos los gastos que ello origine. Se incluye el coste de los materiales que se ha de ensayar, la mano de obra, herramientas, transporte, gastos de toma de muestras, minutas de laboratorio, tasas, etc.

Todo ensayo que no haya resultado satisfactorio o que no ofrezca las garantías suficientes, podrá comenzarse de nuevo a cargo del mismo.

### **LIMPIEZA DE LAS OBRAS**

#### **Artículo 34:**

Es obligación del Constructor mantener limpias las obras y sus alrededores, tanto de escombros como de material sobrante, hacer desaparecer las instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como adoptar las medidas y ejecutar todos los trabajos que sean necesarios para que la obra ofrezca buen aspecto.

### **OBRAS SIN PRESCRIPCIONES**

#### **Artículo 35:**

En la ejecución de trabajos que entran en la construcción de las obras y para los cuales no existan prescripciones consignadas explícitamente en éste Pliego ni en la restante documentación del Proyecto, el Constructor se atenderá, en primer término, a las instrucciones que dicte la Dirección Facultativa de las obras y, en segundo lugar, a las reglas y prácticas de la buena construcción.

### **4.1.2.4 DE LAS RECEPCIONES DE PROYECTOS Y OBRAS AJENAS**

#### **DE LAS RECEPCIONES PROVISIONALES**

#### **Artículo 36:**

Treinta días antes de dar fin a las obras, comunicará el Director de obra a la Propiedad la proximidad de su terminación a fin de convenir la fecha para el acto de recepción provisional.

Esta se realizará con la intervención de la Propiedad, del Constructor y del Director de obra. Se convocará también a los restantes técnicos que, en su caso, hubiesen intervenido en la dirección con función propia en aspectos parciales o unidades especializadas.

Practicado un detenido reconocimiento de las obras, se extenderá un acta con tantos ejemplares como intervinientes y firmados por todos ellos. Desde esta fecha empezará a correr el plazo de garantía, si las obras se



**PROYECTO DE FIN DE CARRERA:  
"DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE  
TROQUELADO Y EMBUTICIÓN"**

hallasen en estado de ser admitidas. Seguidamente, los Técnicos de la Dirección Facultativa extenderán el correspondiente Certificado de final de obra.

Cuando las obras no se hallen en estado de ser recibidas, se hará constar en el acta y se darán al Constructor las oportunas instrucciones para remediar los defectos observados, fijando un plazo para subsanarlos, expirado el cual, se efectuará un nuevo reconocimiento a fin de proceder a la recepción provisional de la obra.

Si el Constructor no hubiese cumplido, podrá declararse resuelto el contrato, con pérdida de la fianza.

### **DOCUMENTACIÓN FINAL DE LA OBRA**

#### **Artículo 37:**

El Director de obra facilitará a la Propiedad la documentación final de las obras, con las especificaciones y contenido dispuestos por la legislación vigente.

### **MEDICIÓN DEFINITIVA DE LOS TRABAJOS Y LIQUIDACIÓN PROVISIONAL DE LA OBRA**

#### **Artículo 38:**

Recibidas provisionalmente las obras, se procederá inmediatamente por el Director de obra a su medición definitiva, con precisa asistencia del Constructor o de su representante. Se extenderá la oportuna certificación por triplicado que servirá para el abono por la Propiedad del saldo resultante salvo la cantidad retenida en concepto de fianza.

### **PLAZO DE GARANTÍA**

#### **Artículo 39:**

El plazo de garantía deberá estipularse en el Pliego de Condiciones Particulares y en cualquier caso nunca deberá ser inferior a nueve meses.

## **CONSERVACIÓN DE LAS OBRAS RECIBIDAS PROVISIONALMENTE**

### **Artículo 40:**

Los gastos de conservación durante el plazo de garantía comprendido entre las recepciones provisional y definitiva, correrán a cargo del Contratista.

Si el edificio fuese ocupado o utilizado antes de la recepción definitiva, la guardería, limpieza y reparaciones causadas por uso corriente correrán a cargo del propietario y las reparaciones por vicios de obra o por defectos en las instalaciones, serán a cargo de la contrata.

## **DE LA RECEPCIÓN DEFINITIVA**

### **Artículo 41:**

La recepción definitiva se verificará después de transcurrido el plazo de garantía en igual forma y con las mismas formalidades que la provisional, a partir de cuya fecha cesará la obligación del Constructor de reparar a su cargo aquellos desperfectos inherentes a la normal conservación de los edificios y quedarán solo subsistentes todas responsabilidades que pudieran alcanzarle por vicios de la construcción.

## **PRÓRROGA DEL PLAZO DE GARANTÍA**

### **Artículo 42:**

Si al proceder al reconocimiento para la recepción definitiva de la obra, no se encontrase ésta en las condiciones debidas, se aplazará dicha recepción definitiva y el Director de obra marcará al Constructor los plazos y formas en que deberán realizarse las obras necesarias y, de no efectuarse dentro de aquellos, podrá resolverse el contrato con la pérdida de la fianza.

## **DE LAS RECEPCIONES DE TRABAJOS CUYA CONTRARA HAYA SIDO RESCINDIDA**

### **Artículo 43:**

En el caso de resolución del contrato, el Contratista vendrá obligado a retirar, en el plazo que se fije en el Pliego de Condiciones particulares, la maquinaria, medios auxiliares, instalaciones, etc., a resolver los subcontratos



**PROYECTO DE FIN DE CARRERA:  
"DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE  
TROQUELADO Y EMBUTICIÓN"**

que tuviese concertados y a dejar la obra en condiciones de ser reanudada por otra empresa.

Las obras y trabajos terminados por completo se recibirán provisionalmente con los trámites establecidos en el artículo 34. Transcurrido el plazo de garantía se recibirán de forma definitiva, según lo dispuesto en los artículos 38 y 39 de este Pliego.

Para las obras y trabajos no terminados pero aceptables a juicio del Director de obra, se efectuará una sola y definitiva recepción.

### **4.1.3 CONDICIONES ECONÓMICAS**

#### **4.1.3.1 PRINCIPIO GENERAL**

##### **Artículo 44:**

Todos los que intervienen en el proceso de construcción tienen derecho a percibir puntualmente las cantidades devengadas por su correcta actuación con arreglo a las condiciones contractualmente establecidas.

##### **Artículo 45:**

La propiedad, el contratista y, en su caso, los técnicos pueden exigirse recíprocamente las garantías adecuadas al cumplimiento puntual de sus obligaciones de pago.

#### **4.1.3.2 FINANZAS**

##### **Artículo 46:**

El Contratista prestará fianza con arreglo a alguno de los siguientes procedimientos, según se estipule:

- Depósito previo, en metálico o valores, o aval bancario, por importe entre el 3 % y 10 % del precio total de la contrata.

- Mediante retención en las certificaciones parciales o pagos a cuenta en igual proporción.

## **FIANZA PROVISIONAL**

### **Artículo 47:**

En el caso de que la obra se adjudique por subasta pública, el depósito provisional para tomar parte en ella se especificará en el anuncio de la misma, y su cuantía será de ordinario, y salvo estipulación distinta en el Pliego de Condiciones Particulares vigente en la obra, de un 3% como mínimo, del total del presupuesto de contrata.

El Contratista a quien se haya adjudicado la ejecución de una obra o servicio para la misma, deberá depositar en el punto y plazo fijados en el anuncio de la subasta o el que se determine en el Pliego de Condiciones particulares del Proyecto, la fianza definitiva que se señale y, en su defecto, su importe será el 10 % de la cantidad por la que se haga la adjudicación de la obra, fianza que puede constituirse en cualquiera de las formas especificados en el apartado anterior.

El plazo señalado en el párrafo anterior, y salvo condición expresa establecida en el Pliego de Condiciones particulares, no excederá de treinta días naturales a partir de la fecha en que se le comunique la adjudicación, y dentro de él deberá presentar el adjudicatario la carta de pago o recibido que acredite la constitución de la fianza a que se refiere el mismo párrafo.

La falta de cumplimiento de este requisito dará lugar a que se declare nula la adjudicación, y el adjudicatario perderá el depósito provisional que hubiese hecho para tomar parte en la subasta.

## **EJECUCIÓN DE TRABAJOS CON CARGO A LA FIANZA**

### **Artículo 48:**

Si el Contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, el Director de obra, en nombre y representación del Propietario, los ordenará ejecutar a un tercero, o, podrá realizarlos directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones a que tenga derecho el Propietario, en el caso de que el importe de la fianza no bastase para cubrir el importe de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fuesen de recibo.



## **DE SU DEVOLUCIÓN EN GENERAL**

### **Artículo 49:**

La fianza retenida será devuelta al Contratista en un plazo que no excederá de treinta días una vez firmada el Acta de Recepción Definitiva de la obra. La Propiedad podrá exigir que el Contratista le acredite la liquidación y finiquito de sus deudas causadas por la ejecución de la obra, tales como salarios, suministros, subcontratos...

## **DEVOLUCIÓN DE LA FIANZA EN EL CASO DE EFECTUARSE RECEPCIONES PARCIALES**

### **Artículo 50:**

Si la Propiedad, con la conformidad del Director de obra, accediera a hacer recepciones parciales, tendrá derecho el Contratista a que se le devuelva la parte proporcional de la fianza.

### **4.1.3.3 DE LOS PRECIOS**

## **COMPOSICIÓN DE LOS PRECIOS UNITARIOS**

### **Artículo 51:**

El cálculo de los precios de las distintas unidades de obra es el resultado de sumar los costes directos, los indirectos, los gastos generales y el beneficio industrial.

Se considerarán costes directos:

- La mano de obra, con sus pluses y cargas y seguros sociales, que interviene directamente en la ejecución de la unidad de obra.
- Los materiales, a los precios resultantes a pie de obra, que queden integrados en la unidad de que se trate o que sean necesarios para su ejecución.

- Los equipos y sistemas técnicos de seguridad e higiene para la prevención y protección de accidentes y enfermedades profesionales.
- Los gastos de personal, combustible, energía, etc., que tengan lugar por el accionamiento o funcionamiento de la maquinaria e instalaciones utilizadas en la ejecución de la unidad de obra.
- Los gastos de amortización y conservación de la maquinaria, instalaciones, sistemas y equipos anteriormente citados.

Se considerarán costes indirectos:

- Los gastos de instalación de oficinas a pie de obra, comunicaciones, edificación de almacenes, talleres, pabellones temporales para obreros, laboratorios, seguros, etc.,
- Los del personal técnico y administrativo adscrito exclusivamente a la obra y los imprevistos.

Todos estos gastos, se cifrarán en un porcentaje de los costes directos.

Se considerarán gastos generales:

Los gastos generales de empresa, gastos financieros, cargas fiscales y tasas de la Administración, legalmente establecidos. Se cifrarán como un porcentaje de la suma de los costes directos e indirectos (en los contratos de obras de la Administración pública este porcentaje se establece entre un 13 y un 17 %).

Beneficio industrial:

El beneficio industrial del Contratista se establece en el 6 % sobre la suma de las anteriores partidas.

Precio de Ejecución material:





**PROYECTO DE FIN DE CARRERA:  
"DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE  
TROQUELADO Y EMBUTICIÓN"**

Se denomina Precio de Ejecución material el resultado obtenido por la suma de los anteriores conceptos a excepción del Beneficio Industrial.

Precio de Contrata:

El precio de Contrata es la suma de los costes directos, indirectos, los Gastos Generales y el Beneficio Industrial.

El IVA gira sobre esta suma pero no integra el precio.

### **PRECIO DE CONTRATA. IMPORTE DE CONTRATA**

#### **Artículo 52:**

En el caso de que los trabajos a realizar en un edificio u obra aneja cualquiera se contratasen a riesgo y ventura, se entiende por Precio de contrata el que importa el coste total de la unidad de obra, es decir, el precio de Ejecución material, más el tanto por ciento sobre este último precio en concepto de Beneficio Industrial del Contratista. El beneficio se estima normalmente, en 6 %, salvo que en las condiciones particulares se establezca otro distinto.

### **PRECIOS CONTRADICTORIOS**

#### **Artículo 53:**

Se producirán precios contradictorios sólo cuando la Propiedad por medio del Director de obra decida introducir unidades o cambios de calidad en alguna de las previstas, o cuando sea necesario afrontar alguna circunstancia imprevista.

El Contratista estará obligado a efectuar los cambios.

A falta de acuerdo, el precio se resolverá contradictoriamente entre el Director de obra y el Contratista antes de comenzar la ejecución de los trabajos y en el plazo que se determine en el Pliego de Condiciones particulares, siempre teniendo en cuenta la descomposición de precios del cuadro correspondiente. Si subsiste la diferencia se acudirá, en primer lugar al banco de precios de uso más frecuente en la localidad.

Los contradictorios que hubiere se referirán siempre a los precios unitarios de la fecha del contrato.

## **RECLAMACIONES DE AUMENTO DE PRECIOS POR CAUSAS DIVERSAS**

### **Artículo 54:**

Si el Contratista, antes de la firma del contrato, no hubiese hecho la reclamación u observación oportuna, no podrá bajo ningún pretexto de error u omisión reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto que sirva de base para la ejecución de las obras (con referencia a Facultativas).

## **FORMAS TRADICIONALES DE MEDIR O DE APLICAR PRECIOS**

### **Artículo 55:**

En ningún caso podrá alegar el Contratista los usos y costumbres del país respecto de la aplicación de los precios o de la forma de medir las unidades de obra ejecutadas, se estará a lo previsto en primer lugar, al Pliego General de Condiciones Particulares.

## **DE LA REVISION DE LOS PRECIOS CONTRATADOS**

### **Artículo 56:**

Contratándose las obras a riesgo y ventura, no se admitirá la revisión de los precios en tanto que el incremento no alcance, en la suma de las unidades que falten por realizar de acuerdo con el Calendario, un montante superior al 3% del importe del presupuesto de Contrato.

Caso de producirse variaciones en alza superiores a este porcentaje, se efectuará la correspondiente revisión de acuerdo con la fórmula establecida en el Pliego de Condiciones Particulares, percibiendo el Contratista la diferencia en más que resulte por la variación del IPC superior al 3 %.

No habrá revisión de precios de las unidades que puedan quedar fuera de los plazos fijados en el Calendario de la oferta.

## **ACOPIO DE MATERIALES**



#### **Artículo 57:**

El Contratista queda obligado a ejecutar los acopios de materiales o aparatos de obra que la Propiedad ordene por escrito.

Los materiales acopiados, una vez abonados por el Propietario, son de la exclusiva propiedad de ésta; de su guarda y conservación será responsable el Contratista.

### **4.1.3.4 OBRAS POR ADMINISTRACIÓN**

#### **ADMINISTRACIÓN**

##### **Artículo 58:**

Se denominan "Obras por Administración" aquellas en las que las gestiones que se precisan para su realización las lleva directamente el propietario, bien por sí o por un representante suyo o bien por mediación de un constructor.

Las obras por administración se clasifican en las dos modalidades siguientes:

- Obras por administración directa.
- Obras por administración delegada o indirecta.

#### **OBRAS POR ADMINISTRACIÓN DIRECTA**

##### **Artículo 59:**

Se denominan "Obras por Administración Directa" aquellas en las que el Propietario por sí o por mediación de un representante suyo, que puede ser el propio Director de obra, expresamente autorizado a estos efectos, lleve directamente las gestiones precisas para la ejecución de la obra, adquiriendo los materiales, contratando su transporte a la obra y, en suma, interviniendo directamente en todas las operaciones precisas para que el personal y los obreros contratados por él puedan realizarla; en estas obras el constructor, si lo hubiese, o el encargado de su realización, es un mero dependiente del propietario, ya sea como empleado suyo o como autónomo contratado por él, que es quién reúne en sí, por tanto, la doble personalidad de Propietario y Contratista.

## **OBRAS POR ADMINISTRACIÓN DELEGADA O INDIRECTA**

### **Artículo 60:**

Se entiende por "Obras de Administración Delegada o Indirecta" la que conviene un Propietario y un Constructor para que éste, por cuenta de aquel y como delegado suyo, realice las gestiones y los trabajos que se precisen y se convengan.

Son por tanto, características peculiares de las "Obras por Administración Delegada o Indirecta" las siguientes:

- Por parte del Propietario, la obligación de abonar directamente o por mediación del Constructor todos los gastos inherentes a la realización de los trabajos convenidos reservándose el Propietario la facultad de poder ordenar, bien por sí o por medio del Director de obra en su representación, el orden o la marcha de los trabajos, la elección de los materiales y los aparatos que en los trabajos han de emplearse y, en suma, todos los elementos que crea preciso para regular la realización de los trabajos convenidos.
- Por parte del Constructor, la obligación de llevar la gestión práctica de los trabajos, aportando sus conocimientos constructivos, los medios auxiliares precisos y, en suma, todo lo que, en armonía con su cometido, se requiera para la ejecución de los trabajos, percibiendo por ello del Propietario un tanto por ciento prefijado sobre el importe total de los gastos efectuados y abonados por el Constructor.

### **LIQUIDACIÓN DE OBRAS POR ADMINISTRACIÓN**

#### **Artículo 61:**

Para la liquidación de los trabajos que se ejecuten por administración delegada o indirecta, regirán las normas que a tales fines se establezcan en las "Condiciones particulares de índole económica" vigentes en la obra; a falta de ellas, las cuentas de administración las presentará el Constructor al Propietario, en relación valorada a la que deberá acompañarse y agrupados en el orden que se expresan los documentos siguientes todos ellos conformados por el Director de obra:



## PROYECTO DE FIN DE CARRERA:

### “DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE TROQUELADO Y EMBUTICIÓN”

- Las facturas originales de los materiales adquiridos para los trabajos y el documento adecuado que justifique el depósito o el empleo de dichos materiales en la obra.
- Las nóminas de los jornales abonados, ajustadas a lo establecido en la legislación vigente, especificando el número de horas trabajadas en la obra por los operarios de cada oficio y su categoría, acompañando a dichas nóminas una relación numérica de los encargados, capataces, jefes de equipo, oficiales y ayudantes de cada oficio, peones especializados y sueltos, listeros, guardas, etc., que hayan trabajado en la obra durante el plazo de tiempo a que correspondan las nóminas que se presentan.
- Las facturas originales de los transportes de materiales puestos en la obra o de retirada de escombros.
- Los recibos de licencias, impuestos y demás cargas inherentes a la obra que haya pagado o en cuya gestión haya intervenido el Constructor, ya que su abono es siempre a cuenta del Propietario.
- A la suma de todos los gastos inherentes a la propia obra en cuya gestión o pago haya intervenido el Constructor se le aplicará, a falta de convenio especial, un quince por ciento (15%), entendiéndose que en este porcentaje están incluidos los medios auxiliares y los de seguridad preventivos de accidentes, los Gastos Generales que al Constructor originen los trabajos por administración que realiza y el Beneficio Industrial del mismo.

## **ABONO AL CONSTRUCTOR DE LAS CUENTAS DE ADMINISTRACIÓN**

### **Artículo 62:**

Salvo pacto distinto, los abonos al Constructor de las cuentas de Administración delegada los realizará el Propietario mensualmente según las partes de trabajos realizados aprobados por el Propietario o por su delegado representante.

Independientemente, el Director de obra redactará, con igual periodicidad, la mediación de la obra realizada, valorándola con arreglo al

presupuesto aprobado. Estas valoraciones no tendrán efectos para los abonos al Constructor salvo que se hubiese pactado lo contrario contractualmente.

## **NORMAS PARA LA ADQUISICIÓN DE LOS MATERIALES Y APARATOS**

### **Artículo 63:**

No obstante las facultades que en estos trabajos por Administración delegada se reserva el Propietario para la adquisición de los materiales y aparatos, si al Constructor se le autoriza para gestionarlos y adquiridos, deberán presentar al Propietario para la adquisición de los materiales y aparatos, si al Constructor se le autoriza para gestionarlos y adquirirlos, deberá presentar al Propietario, o en su representación al Director de obra, los precios y las muestras de los materiales y aparatos ofrecidos, necesitando su previa aprobación antes de adquirirlos.

## **RESPONSABILIDADES DEL CONSTRUCTOR EN EL BAJO RENDIMIENTO DE LOS TRABAJADORES**

### **Artículo 64:**

Si de los partes mensuales de obra ejecutada que preceptivamente debe presentar el Constructor al Director de obra, éste advirtiese que los rendimientos de la mano de obra, en todas o en algunas de las unidades de obra ejecutada, fuesen notoriamente inferiores a los rendimientos normales generalmente admitidos para unidades de obra iguales o similares, se lo notificará por escrito al Constructor, con el fin de que éste haga las gestiones precisas para aumentar la producción en la cuantía señalada por el Director de obra.

Si hecha notificación al Constructor, en los meses sucesivos, los rendimientos no llegasen a los normales, el Propietario queda facultado para resarcirse de la diferencia, rebajando su importe de 15 % que por los conceptos antes expresados correspondería abonarle al Constructor en las liquidaciones quincenales que preceptivamente deban efectuársele. En caso de no llegar ambas partes a un acuerdo en cuanto a los rendimientos de la mano de obra, se someterá el caso a arbitraje.

## **RESPONSABILIDADES DEL CONSTRUCTOR**



**PROYECTO DE FIN DE CARRERA:  
"DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE  
TROQUELADO Y EMBUTICIÓN"**

**Artículo 65:**

En los trabajos de "Obras por Administración delegada", el Constructor solo será responsable de los defectos constructivos que pudieran tener los trabajos o unidades por el ejecutadas y también de los accidentes o perjuicios que pudieran sobrevenir a los obreros o a terceras personas por no haber tomado las medidas precisas que en las disposiciones legales vigentes se establecen. En cambio, y salvo lo expresado en el artículo 62 precedente, no será responsable del mal resultado que pudiesen dar los materiales y aparatos elegidos con arreglo a las normas establecidas en dicho artículo.

En virtud de lo anteriormente consignado, el Constructor está obligado a reparar por su cuenta los trabajos defectuosos y a responder también de los accidentes o perjuicios expresados en el párrafo anterior.

**4.1.3.5 DE LA VALORACIÓN Y ABONO DE LOS TRABAJOS**

**FORMAS VARIAS DE ABONO DE LAS OBRAS**

**Artículo 66:**

Según la modalidad elegida para la contratación de las obras y salvo que en el Pliego Particular de Condiciones Económicas, se preceptúe otra cosa, el abono de los trabajos se efectuará de la siguiente manera:

- Tipo fijo o tanto alzado total. Se abonará la cifra previamente fijada como base de la adjudicación, disminuida en su caso en el importe de baja efectuada por el adjudicatario.
- Tipo fijo o tanto alzado por unidad de obra, cuyo precio invariable se haya fijado de antemano, pudiendo variar solamente el número de unidades ejecutadas.

Previa medición y aplicando al total de las diversas unidades de obra ejecutadas, del precio invariable estipulado de antemano para cada una de ellas, se abonará al contratista el importe de las comprendidas en los trabajos ejecutados y ultimados con arreglo y sujeción a los documentos que constituyen el Proyecto, los que servirán de base para la medición y valoración de las diversas unidades.

- Tanto variable por unidad de obra, según las condiciones en que se realice y los materiales autorizados en la forma que el presente "Pliego General de Condiciones Económicas" determina.

Se abonará al Contratista en idénticas condiciones al caso anterior.

- Por listas de jornales y recibos de materiales, autorizados en la forma que el presente "Pliego General de Condiciones Económicas" determina.
- Por horas de trabajo, ejecutado en las condiciones determinadas en el Contrato.

## **RELACIONES VALORADAS Y CERTIFICACIONES**

### **Artículo 67:**

En cada una de las épocas o fechas que se fijen en el contrato o en los "Pliegos de Condiciones Particulares" que rijan en la obra, formará con Contratista una relación valorada de las obras ejecutadas durante los plazos previstos, según la medición que habrá practicado el Director de obra.

Lo ejecutado por el Contratista en las condiciones preestablecidas, se valorará aplicando al resultado de la medición general, cúbica, superficial, lineal, ponderal, o numeral correspondiente para cada unidad de obra, los precios señalados en el presupuesto para cada una de ellas, teniendo presente además lo establecido en el presente "Pliego General de Condiciones Económicas", respecto a mejoras o sustituciones de material y a las obras accesorias y especiales, etc.

Al Contratista, que podrá presenciar las mediciones necesarias para extender dicha relación, se le facilitarán por el Director de obra los datos correspondientes de la relación valorada, acompañándolos de una nota de envío, al objeto de que, dentro del plazo de diez días a partir de la fecha del recibo de dicha nota, pueda el Contratista examinarlos o devolverlos firmados con su conformidad o hacer, en caso contrario, las observaciones o reclamaciones que considere oportunas. Dentro de los diez días siguientes a su recibo, el Director de obra aceptará o rechazará las reclamaciones del Contratista si las hubiera, dando cuenta al mismo de su resolución, pudiendo éste, en el segundo caso, acudir ante el Propietario contra la resolución del Director de obra en la forma prevenida en los "Pliegos Generales de Condiciones Facultativas y Legales".





**PROYECTO DE FIN DE CARRERA:  
"DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE  
TROQUELADO Y EMBUTICIÓN"**

Tomando como base la relación valorada indicada en el párrafo anterior, expedirá el Director de obra la certificación de las ejecutadas.

De su importe se deducirá el tanto por ciento que para la constitución de la fianza se haya preestablecido.

El material acopiado a pie de obra por indicación expresa y por escrito del Propietario, podrá certificarse hasta el noventa por ciento de su importe, a los precios que figuren en los documentos del Proyecto, sin afectarlos del tanto por ciento de la contrata.

Las certificaciones se remitirán al Propietario, dentro del mes siguiente al periodo a que se refieren y tendrán el carácter de documento y entregas a buena cuenta, sujetas a las rectificaciones aprobación ni recepción de las obras que comprenden.

Las relaciones valoradas contendrán solamente la obra ejecutada en el plazo a que la valoración se refiere. En el caso de que el Director de obra lo exigiera, las certificaciones se extenderán al origen.

### **MEJORAS DE OBRAS LIBREMENTE EJECUTADAS**

#### **Artículo 68:**

Cuando el Contratista, incluso con autorización del Director de obra, emplease materiales de más esmerada preparación o de mayor tamaño que el señalado en el Proyecto o sustituyese una clase de fábrica con otra que tuviese asignado mayor precio, o ejecutase con mayores dimensiones cualquiera otra modificación que sea beneficiosa a juicio del Director de obra, no tendrá derecho, sin embargo, más que al abono de lo que pudiera corresponderle en el caso de que hubiese construido la obra con estricta sujeción a la proyectada y contratada o adjudicada.

### **ABONO DE TRABAJOS PRESUPUESTADOS CON PARTIDA ALZADA**

#### **Artículo 69:**

Salvo lo preceptuado en el "Pliego de Condiciones Particulares de Índole Económica" vigente en la obra, el abono de los trabajos presupuestados en partida alzada, se efectuará de acuerdo con el procedimiento que corresponda entre los que a continuación se expresan:

- Si existiesen precios contratados para unidades de obra iguales, las presupuestadas mediante partida alzada, se abonarán previa medición y aplicación del precio establecido.
- Si existiesen precios contratados para unidades de obra similares, se establecerán precios contradictorios para las unidades con partida alzada, deducidos de los similares contratados.
- Si no existiesen precios contratados para unidades de obra iguales o similares, la partida alzada se abonará íntegramente al Contratista, salvo el caso de que en el Presupuesto de la obra se exprese que el importe de dicha partida debe justificarse, en cuyo caso, el Director de obra indicará al Contratista y con anterioridad a su ejecución, el procedimiento que ha de seguirse para llevar dicha cuenta, que en realidad será de Administración, valorándose los materiales y jornales a los precios que figuren en el Presupuesto aprobado o, en su defecto, a los que con anterioridad a la ejecución convengan las dos partes, incrementándose su importe total con el porcentaje que se fije en el Pliego de Condiciones Particulares de Gastos Generales y Beneficio Industrial del Contratista.

## **ABONO DE AGOTAMIENTOS Y OTROS TRABAJOS ESPECIALES NO CONTRATADOS**

### **Artículo 70:**

Cuando fuese preciso efectuar agotamientos, inyecciones u otra clase de trabajos de cualquiera índole especial u ordinaria, que por no estar contratados no sean de cuenta del Contratista, y si no se contratasen con tercera persona, tendrá el Contratista la obligación de realizarlos y de satisfacer los gastos de toda clase que ocasionen, los cuales le serán abonados por el Propietario por separado de la contrata.

Además de reintegrar mensualmente estos gastos al Contratista, se le abonará juntamente con ellos el tanto por ciento del importe total que, en su caso, se especifique en el Pliego de Condiciones Particulares.

## **PAGOS**



**PROYECTO DE FIN DE CARRERA:  
"DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE  
TROQUELADO Y EMBUTICIÓN"**

**Artículo 71:**

Los pagos se efectuarán por el Propietario en los plazos previamente establecidos, y su importe corresponderá precisamente al de las certificaciones de obra conformadas por el Director de obra, en virtud de las cuales se verificarán aquellos.

**ABONO DE TRABAJOS EJECUTADOS DURANTE EL  
PLAZO DE GARANTÍA**

**Artículo 72:**

Efectuada la recepción provisional y si durante el plazo de garantía se hubieran ejecutado trabajos cualesquiera, para su abono se procederá así:

- Si los trabajos que se realicen estuvieran especificados en el Proyecto, y sin causa justificada no se hubieran realizado por el Contratista a su debido tiempo, y el Director de obra exigiera su realización durante el plazo de garantía, serán valorados a los precios que figuren en el Presupuesto y abonado de acuerdo con lo establecido en los "Pliegos Particulares" o en su defecto en los Generales, en el caso de que dichos precios fuesen inferiores a los que rijan en la época de su realización; en caso contrario, se aplicarán estos últimos.
- Si se han ejecutado trabajos precisos para la reparación de desperfectos ocasionados por el uso del edificio, por no haber sido éste utilizado durante dicho plazo por el Propietario, se valorarán y abonarán a los precios del día, previamente acordados.
- Si se han ejecutado trabajos para la reparación de desperfectos ocasionados por deficiencia de la construcción o de la calidad de los materiales, nada se abonará por ellos al Contratista.

**4.1.3.6 DE LAS INDEMNIZACIONES MUTUAS**

**IMPORTE DE LA INDEMNIZACIÓN POR RETRASO NO  
JUSTIFICADO EN EL PLAZO DE TERMINACIÓN DE LAS OBRAS**

**Artículo 73:**

La indemnización por retraso en la terminación se establecerá en un tanto por mil del importe total de los trabajos contratados, por cada día natural de retraso, contados a partir del día de terminación fijado en el Calendario de obra.

Las sumas resultantes se descontarán y retendrán con cargo a la fianza.

## **DEMORA DE LOS PAGOS**

### **Artículo 74:**

Si el Propietario no efectuase el pago de las obras ejecutadas, dentro del mes siguiente al que corresponde el plazo convenido, el Contratista tendrá además el derecho de percibir el abono de un 4'5 % anual, en concepto de intereses de demora, durante el espacio de tiempo del retraso y sobre el importe de la mencionada certificación.

Si aún transcurrieran dos meses a partir del término de dicho plazo de un mes sin realizarse dicho pago, tendrá derecho el Contratista a la resolución del contrato, procediéndose a la liquidación correspondiente de las obras ejecutadas y de los materiales acopiados, siempre que éstos reúnan las condiciones preestablecidas y que su cantidad no exceda de la necesaria para la terminación de la obra contratada o adjudicada.

No obstante lo anteriormente expuesto, se rechazará toda solicitud de resolución del contrato fundada en dicha demora de pagos, cuando el Contratista no justifique que en la fecha de dicha solicitud ha invertido en obra o en materiales acopiados admisibles la parte de presupuesto correspondiente al plazo de ejecución que tenga señalado en el contrato.

### **4.1.3.7 VARIOS**

## **MEJORAS Y AUMENTOS DE OBRA. CASOS CONTRARIOS**

### **Artículo 75:**

No se admitirán mejoras de obra, más que en el caso en que el Director de obra haya ordenado por escrito la ejecución de trabajos nuevos o que mejoren la calidad de los contratados, así como la de los materiales y aparatos previstos en el contrato. Tampoco se admitirán aumentos de obra en las



**PROYECTO DE FIN DE CARRERA:  
"DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE  
TROQUELADO Y EMBUTICIÓN"**

unidades contratadas, salvo caso de error en las mediciones del Proyecto, a menos que el Director de obra ordene, también por escrito, la ampliación de las contratadas.

En todos estos casos será condición indispensable que ambas partes contratantes, antes de su ejecución o empleo, convengan por escrito los importes totales de las unidades mejoradas, los precios de los nuevos materiales o aparatos ordenados emplear y los aumentos que todas estas mejoras o aumentos de obra supongan sobre el importe de las unidades contratadas.

Se seguirán el mismo criterio y procedimiento, cuando el Director de obra introduzca innovaciones que supongan una reducción apreciable en los importes de las unidades de obra contratada.

**UNIDADES DE OBRA DEFECTUOSAS PERO  
ACEPTABLES**

**Artículo 76:**

Cuando por cualquier causa fuera menester valorar obra defectuosa, pero aceptable a juicio del Director de obra, éste determinará el precio de partida de abono después de oír al Contratista, el cual deberá conformarse con dicha resolución, salvo el caso en que, estando dentro del plazo de ejecución, prefiera demoler la obra y rehacerla con arreglo a condiciones, sin exceder de dicho plazo.

**SEGURO DE LAS OBRAS**

**Artículo 77:**

El Contratista estará obligado a asegurar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución hasta la recepción definitiva; la cuantía del seguro coincidirá en cada momento con el valor que tengan por contrata los objetos asegurados. El importe abonado por la Sociedad Aseguradora, en el caso de siniestro, se ingresará en cuanto a nombre del Propietario, para que con cargo a ella se abone la obra que se construya, y a medida que ésta se vaya realizando.

El reintegro de dicha cantidad al Contratista se efectuará por certificaciones, como el resto de los trabajos de la construcción. En ningún caso, salvo conformidad expresa del Contratista, hecho en documento público, el Propietario podrá disponer de dicho importe para menesteres distintos del de

reconstrucción de la parte siniestrada; la infracción de lo anteriormente expuesto será motivo suficiente para que el Contratista pueda resolver el contrato, con devolución de fianza, abono completo de gastos, materiales acopiados, etc., y una indemnización equivalente al importe de los daños causados al Contratista por el siniestro y que no se le hubiesen abonado, pero sólo en proporción equivalente a lo que suponga la indemnización abonada por la Compañía Aseguradora, respecto al importe de los daños causados por el siniestro, que serán tasados a estos efectos por el Director de obra.

En las obras de reforma o reparación, se fijarán previamente la porción de edificio que debe ser asegurada y su cuantía, y si nada se prevé, se entenderá que el seguro ha de comprender toda la parte del edificio afectada por la obra.

Los riesgos asegurados y las condiciones que figuren en la póliza o pólizas de Seguros, los pondrá el Contratista, antes de contratarlos, en conocimiento del Propietario, al objeto de recabar de éste su previa conformidad o reparos.

## **CONSERVACIÓN DE LA OBRA**

### **Artículo 78:**

Si el Contratista, siendo su obligación, no atiende a la conservación de la obra durante el plazo de garantía, en el caso de que el edificio no haya sido ocupado por el Propietario antes de la recepción definitiva, el Director de obra, en representación del Propietario, podrá disponer todo lo que sea preciso para que se atienda a la guardería, limpieza y todo lo que fuese menester para su buena conservación, abonándose todo ello por cuenta de la contrata.

Al abandonar el Contratista el edificio, tanto por buena terminación de las obras, como en el caso de resolución del contrato, está obligado a dejarlo desocupado y limpio en el plazo que el Director de obra señale.

Después de la recepción provisional del edificio y en el caso de que la conservación del edificio corra a cargo del contratista, no deberá haber en él más herramientas, útiles, materiales, muebles, etc., que los indispensables para su guardería y limpieza y para los trabajos que fuese preciso ejecutar.

En todo caso, ocupado o no el edificio, está obligado el Contratista a revisar y reparar la obra, durante el plazo expresado, procediendo en la forma prevista en el presente "Pliego de Condiciones Económicas".



## USO POR EL CONTRATISTA O BIENES DEL PROPIETARIO

### Artículo 79:

Cuando durante la ejecución de las obras ocupe el Contratista, con la necesaria y previa autorización del Propietario, edificios o haga uso de materiales o útiles pertenecientes al mismo, tendrá la obligación de repararlos y conservarlos para hacer entrega de ellos a la terminación del contrato, en derecho a indemnización por esta reposición ni por las mejoras hechas en los edificios, propiedades o materiales que haya utilizado.

En el caso de que al terminar el contrato y hacer entrega del material, propiedades o edificaciones, no hubiese cumplido el Contratista con lo previsto en el párrafo anterior, lo realizará el Propietario a costa de aquel y con cargo a la fianza.

### Artículo 80:

Se tendrán en cuenta las siguientes disposiciones:

- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales del Ministerio de Obras Públicas.
- Normas Básicas y Generales de la Edificación.
- Ley de Contratos del Estado (D 923/1965)
- Instrucción EHE para el proyecto de ejecución de obras de hormigón en masa o armado.
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y normas MIBT complementarias.

## 4.2 CAPÍTULO 2: CONDICIONES TÉCNICAS

### 4.2.1 PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE TÉCNICA LIMPIEZA DE LA OBRA

#### Artículo 1:

Durante el montaje de las instalaciones se deberá evacuar de la obra todos los materiales sobrantes de trabajos efectuados con anterioridad como embalajes, retales de materiales, conductos, etc.

Al final se deberán limpiar perfectamente de cualquier suciedad todas las unidades terminales, equipos de la sala de máquinas, instrumentos de medida y control, cuadros eléctricos, etc., dejándolos en perfecto estado.

## **OBRAS AUXILIARES DE ALBAÑILERÍA**

### **Artículo 2:**

Todas las obras de albañilería se realizarán con anterioridad al montaje de mangueras neumáticas y cableados.

## **LIMPIEZA DE LAS CANALIZACIONES**

### **Artículo 3:**

Todas las canalizaciones deberán ser limpiadas antes de poner en funcionamiento los equipos. La limpieza se realizará por los procedimientos convencionales.

## **SEÑALIZACIÓN**

### **Artículo 4:**

Toda nuestra instalación debe estar señalizada con vallas señaladas, señales, marcas, etc., y individualmente cada pieza móvil, los conductos, código de colores junto al esquema de principios de la instalación...

## **IDENTIFICACIÓN**

### **Artículo 5:**

Al final de la obra, los aparatos, equipos y cuadros eléctricos que no vengán reglamentariamente identificados con placa de fábrica, deben marcarse mediante una chapa de identificación sobre la que se indicarán el nombre y características técnicas del elemento.





**PROYECTO DE FIN DE CARRERA:  
"DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE  
TROQUELADO Y EMBUTICIÓN"**

La información contenida en las placas debe escribirse en castellano por lo menos, y con caracteres indelebles y claros, de altura no menor de 5 mm, ya que la fábrica cliente es española.

Las placas se situarán en un lugar visible y se fijarán mediante remaches, soldadura o material adhesivo resistente a las condiciones ambientales.

#### **4.2.1.1 DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES**

##### **ACOPIO DE MATERIALES**

###### **Artículo 6:**

Los materiales y equipos empleados en este proyecto deberán cumplir las prescripciones que se indican en la ITE (Instrucciones Técnicas Complementarias) 04.

Todos los materiales, equipos y aparatos no tendrán en ninguna de sus partes deformaciones, fisuras ni señales de haber sido sometidos a malos tratos antes o durante la instalación.

Toda la información que acompañe a los equipos deberá expresarse al menos en castellano y en unidades del Sistema Internacional.

##### **PROTECCIÓN DE MATERIALES EN LA OBRA**

###### **Artículo 7:**

Durante el almacenamiento en la obra y una vez instalado se deberán proteger todos los materiales de desperfectos y daños, así como de la humedad.

Las aberturas de conexión de todos los aparatos y equipos deberán estar convenientemente protegidos durante el transporte, almacenamiento y montaje, hasta que no se proceda a su unión. Las protecciones deberán tener la resistencia y forma adecuada para evitar la entrada de cuerpos extraños y suciedades, así como los daños mecánicos que puedan sufrir las superficies de acoplamiento de bridas, roscas, manguitos, etc.

Si es de temer la oxidación de las superficies mencionadas, éstas deberán recubrirse con pinturas antioxidantes, grasas o aceites que deberán ser eliminados en el momento del acoplamiento.

Se tendrá especial cuidado hacia los materiales frágiles y delicados, como aislantes, aparatos de control y medida, etc.

El almacenamiento de materiales se realizará en la zona de taller, en un espacio delimitado convenientemente y señalizado para evitar posibles accidentes. La superficie utilizada será de 12 metros cuadrados.

#### **4.2.1.2 DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS INSTALACIONES**

##### **EMPLAZAMIENTO DE LA INSTALACIÓN**

###### **Artículo 8:**

La instalación estará rodeada por una barrera física (estructura y malla metálica) que impida el acceso de personal excepto por la puerta y solo permita entrada y salida de material por las aberturas destinadas para tal función.

###### **Artículo 9:**

La instalación eléctrica será estará protegida con un grado mínimo de IP-56 (protección contra polvo y chorros de agua). Las carcasas metálicas estarán conectadas a una toma de tierra (Clase I).

###### **Artículo 10:**

Se prohíbe expresamente utilizar cualquier lugar del emplazamiento de la instalación como almacén.

###### **Artículo 11:**

El cuadro eléctrico de protección y mando de los equipos instalados en nuestra instalación estará situado próximo a la puerta, o en su defecto, al menos el interruptor general.



**PROYECTO DE FIN DE CARRERA:  
"DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE  
TROQUELADO Y EMBUTICIÓN"**

**Artículo 12:**

La salida de la instalación estará equipada con un sensor para que se detenga toda actividad en su interior cuando la puerta esté abierta.

**Artículo 13:**

La resistencia al fuego de los elementos será como mínimo R-120, y es considerado como una instalación de riesgo medio.

**Artículo 14:**

La puerta de cierre del vallado de la instalación tendrá cerrojo de seguridad.

**Artículo 15:**

En la implantación de la instalación se instalará un extintor de eficacia 34A, que irá colocado junto a la puerta de acceso.

**Artículo 16:**

En el extintor de la puerta de acceso a la instalación, y en lugar visible se colocará un letrero con la siguiente inscripción: "Prohibida la entrada a esta instalación a toda persona no autorizada."

**Artículo 17:**

Las paredes, suelo y techo no permitirán filtraciones de humedad, impermeabilizándolas en caso necesario.

**Artículo 18:**

Las puertas de entrada se abrirán siempre hacia fuera.

**ROBOT DELTA 2**

**COMERCIALES ELÉCTRICOS:**

**MOTOR KOLLMORGEN AKM52K-ANC2R-00.**  
**CONDICIONES GENERALES**

**Artículo 19:**

El motor cumplirá con la norma UNE 20324/1993 relativa a los grados de protección proporcionados por las envolventes, EN 60204-1:2006 relativa a la seguridad de equipos eléctricos en maquinaria, EN 61800-3:07/2005 relativa a compatibilidades electromagnéticas y EN 61800-5-1:04/2008 relativa a dispositivos eléctricos para uso en límites de voltaje especiales.

**MOTOR KOLLMORGEN AKM52K-ANC2R-00.**  
**DOCUMENTACIÓN**

**Artículo 20:**

Kollmorgen, el fabricante del motor, deberá suministrar la documentación exigible por otras reglamentaciones aplicables y, además, como mínimo los siguientes datos:

- Potencia
- Par nominal
- Par de arranque
- Velocidad de giro nominal
- Corriente nominal
- Corriente re arranque
- Peso del motor
- Dimensiones

**COMERCIALES MECÁNICOS:**



**CAJA REDUCTORA WITTENSTEIN CP 115-M02.  
CONDICIONES GENERALES**

**Artículo 21:**

La caja reductora cumplirá con la normativa UNE 20324/1993 relativa a los grados de protección proporcionados por las envolventes y la normativa relativa a los requisitos mínimos de rendimiento.

**CAJA REDUCTORA WITTENSTEIN CP 115-M02.  
DOCUMENTACIÓN**

**Artículo 22:**

Wittenstein, el fabricante de la caja reductora, deberá suministrar la documentación exigible por otras reglamentaciones aplicables y, además, como mínimo los siguientes datos:

- Par nominal de salida
- Velocidad nominal de entrada
- Peso de la caja reductora
- Dimensiones

**RODAMIENTOS DE BOLAS CON CONTACTO  
ANGULAR SKF 7204 BECBP. CONDICIONES GENERALES**

**Artículo 23:**

Los rodamientos SKF cumplirán con la normativa relativa a los requisitos mínimos de rendimiento.

**RODAMIENTOS DE BOLAS CON CONTACTO  
ANGULAR SKF 7204 BECBP. DOCUMENTACIÓN**

**Artículo 24:**

SKF, el fabricante de los rodamientos, deberá suministrar la documentación exigible por otras reglamentaciones aplicables y además, como mínimo los siguientes datos:

- Capacidades de carga estática
- Capacidades de carga dinámica
- Carga límite de fatiga
- Velocidad nominal
- Peso del rodamiento
- Dimensiones

**CABEZA DE RÓTULA FESTO CRSGS M12.  
CONDICIONES GENERALES**

**Artículo 25:**

Las cabezas de rótula FESTO cumplirán con la normativa relativa a los requisitos mínimos de rendimiento.

**CABEZA DE RÓTULA FESTO CRSGS M12.  
DOCUMENTACIÓN**

**Artículo 26:**

FESTO, el fabricante de las cabezas de rótula, deberá suministrar la documentación exigible por otras reglamentaciones aplicables y además, como mínimo los siguientes datos:

- Peso de la cabeza de rótula
- Dimensiones:

**COMERCIALES NEUMÁTICOS:**

**VENTOSA FESTO VASB G1/8 1395690 VASB-30-1/8-  
PUR-B. CONDICIONES GENERALES**

**Artículo 27:**

La ventosa FESTO cumplirá con la normativa relativa a los requisitos mínimos de rendimiento.



## **VENTOSA FESTO VASB G1/8 1395690 VASB-30-1/8- PUR-B. CONDICIONES GENERALES**

### **Artículo 28:**

FESTO, el fabricante de la válvula, deberá suministrar la documentación exigible por otras reglamentaciones aplicables y además, como mínimo los siguientes datos:

- Peso de la válvula
- Capacidad de vacío nominal
- Dimensiones

## **RACOR LJK EN L G1/8 FESTO 151784 LJK-1/8-1/1. CONDICIONES GENERALES**

### **Artículo 29:**

La ventosa FESTO cumplirá con la normativa relativa a los requisitos mínimos de rendimiento.

## **RACOR LJK EN L G1/8 FESTO 151784 LJK-1/8-1/1. DOCUMENTOS**

### **Artículo 29:**

FESTO, el fabricante del racor, deberá suministrar la documentación exigible por otras reglamentaciones aplicables y además, como mínimo los siguientes datos:

- Peso del racor
- Dimensiones

## **4.2.1.3 EJECUCIÓN DE LA OBRA**

### **REPLANTEO**

**Artículo 83:**

Antes de comenzar los trabajos de montaje, la empresa instaladora deberá efectuar un replanteo de todos y cada uno de los elementos de la instalación.

**Artículo nº84**

El replanteo deberá contar con la aprobación del Ingeniero Director.

**4.2.2 PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE FACULTATIVA**

**OBRAS AFECTADAS**

**Artículo 85:**

Este Pliego de Condiciones particulares, juntamente con el Pliego General de Condiciones, la Memoria, Planos y Presupuestos, son documentos que han de servir de base para la ejecución de las obras correspondientes a este proyecto.

Serán objeto de las normas y condiciones facultativas que se reflejan en el Pliego de Condiciones las obras incluidas en el presupuesto, abarcando a todos los oficios y materiales que en ella se emplean.

**NORMAS DE APLICACIÓN**

**Artículo 86:**

Serán de aplicación las normas indicadas en el capítulo correspondiente de la Memoria, y cuantas normas sean de aplicación, de acuerdo con la naturaleza del presente proyecto.

**INTERPRETACIÓN DEL PROYECTO Y REALIZACIÓN  
DE OBRA**

**Artículo 87:**





**PROYECTO DE FIN DE CARRERA:  
"DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE  
TROQUELADO Y EMBUTICIÓN"**

Corresponde exclusivamente a la Dirección Técnica la interpretación del Proyecto, así como el dar las órdenes complementarias, gráficos o escritos para el correcto desarrollo del mismo.

Las obras se ajustarán a los planos y estados de mediciones, resolviéndose cualquier discrepancia por el Director de obra.

### **DURACIÓN DE LAS OBRAS**

#### **Artículo 88:**

Las obras correspondientes al presente proyecto comenzarán en la semana siguiente de la adjudicación por parte del Contratista, en el supuesto de que el contrato no se señale alguna fecha.

La duración de las obras será como máximo 4 días (cuatro días), si el contrato no lo estipula expresamente.

### **PLAZO DE GARANTÍA**

#### **Artículo 89:**

Se establece un plazo de garantía de 1 año como mínimo para las obras, maquinaria e instalaciones del presente proyecto.

### **RETIRADA DE MATERIALES, CASO DE RESCISIÓN DEL CONTRATO**

#### **Artículo 90:**

La retirada de maquinaria, medios auxiliares, instalaciones, etc., caso de rescisión del contrato se realizará en el plazo de una semana como máximo contada a partir del día de rescisión, y será por cuenta del Constructor que rescinde.

## **4.2.3 PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE ECONÓMICA**

### **MEDICIÓN DE LAS OBRAS EJECUTADAS**

#### **Artículo 91:**

La medición de las obras se hará por el tipo de unidad establecida en el Presupuesto.

#### **4.2.4 PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE LEGAL**

##### **OBLIGACIONES DEL CONTRATISTA**

###### **Artículo 92:**

El Contratista con carácter general viene obligado a ejecutar esmeradamente todas las obras que se le confían, así como a cumplir rigurosamente todas las condiciones estipuladas en este Pliego o en el Contrato, al igual que cuantas ordenes se le den verbalmente o por escrito por el Técnico Director de las obras.

##### **RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA**

###### **Artículo 93:**

De la calidad y buena ejecución de las obras contratadas, el Contratista será el único responsable, no teniendo derecho a indemnización alguna por el mayor precio que pudieran costarle, ni por las erradas maniobras que cometiera durante la construcción, siendo a su cuenta y riesgo independientemente de la inspección que de ellas haya podido haber hecho el Técnico Director de obra.

El Contratista está obligado a adoptar todas las medidas de seguridad que las disposiciones vigentes preceptúan, para evitar en lo posible accidentes a los obreros o a los viandantes, en todos los lugares peligrosos de la obra.

Así mismo, será responsable ante los tribunales de los accidentes que por inexperiencia o descuido sobrevinieran en el curso de las obras, debiendo atenerse en todo a las normas de prudencia, así como a las disposiciones y Reglamentos de Policía de la materia.

##### **LEYES LABORALES DE ACCIDENTES DE TRABAJO**

###### **Artículo 94:**



**PROYECTO DE FIN DE CARRERA:  
"DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE  
TROQUELADO Y EMBUTICIÓN"**

El contratista viene obligado a cumplir rigurosamente todas las legislaciones vigentes, o que puedan dictarse en el curso de los trabajos. Igualmente está obligado a tener a todo el personal a sus órdenes debidamente asegurado contra accidentes de trabajo, debiendo así probarlo si a ello fuera invitado por la Dirección Técnica o la Propiedad.

## **MANO DE OBRA**

### **Artículo 95:**

El contratista deberá tener siempre en obra un número de operarios proporcional a la extensión y clase de los trabajos a juicio de la Dirección Técnica. Estos serán de aptitud reconocida experimentados en su oficio y en todo momento habrá en obra un técnico o encargado apto que vigile e intérprete los planos, y haga cumplir las órdenes de la Dirección y cuanto en este Pliego se especifica.

## **DAÑOS EN PROPIEDADES VECINAS**

### **Artículo 96:**

Si con motivo de las obras el contratista causara algún desperfecto en las propiedades colindantes, tendrá que repararla por su cuenta. Así mismo, adoptará cuantas medidas sean necesarias para evitar la caída de materiales o herramientas que puedan ser motivo de accidentes.

## **RESCISIÓN DEL CONTRATO**

### **Artículo 97:**

La rescisión, si se produjera, se regirá por el Reglamento General de Contratación para Aplicación de la Ley de Contratos de Estado, por el Pliego de Cláusulas Administrativas Generales y demás disposiciones vigentes.

Serán causas suficientes de rescisión las siguientes:

- Muerte o incapacitación del Contratista
- Quiebra del Contratista.
- Alteraciones del contrato por las causas siguientes:

- Modificación del proyecto en forma tal que represente alteraciones fundamentales a juicio del Director de obra, y siempre que la variación del presupuesto sea de  $\pm 25 \%$  como mínimo de su importe.
- Variaciones en las unidades de obra en  $\pm 40 \%$ .
- Suspensión de la obra comenzada
- Incumplimiento de las condiciones del contrato, cuando implique descuido o mala fe con perjuicio de los intereses de las obras.
- Abandono de la obra sin causa justificada

## **FORMALIZACIÓN DEL CONTRATO**

### **Artículo 98:**

La formalización del contrato se verificará por documento privado con el compromiso por ambas partes, Propiedad y Contratista de elevarlo a Documento Público a petición de cualquiera de ellos, como complemento del Contrato, los Planos y demás documentos del Proyecto irán firmados por ambos.



## **5. PRESUPUESTO**

### **5.1 INTRODUCCIÓN**

El objetivo de este presupuesto es obtener un precio final de los materiales necesarios para la fabricación del robot que sea lo más realista posible. Sólo se tendrán en cuenta los materiales de cada uno de los elementos puesto que su fabricación se hará en un taller externo y no se contemplarán tanto los costes de la fabricación como los de montaje. Además se contabilizarán las horas que se han empleado en la fase de diseño y elaboración de la documentación.

El presupuesto se divide en: presupuesto general de materiales y componentes, presupuesto general de la etapa de diseño, presupuesto general de documentación y redacción del proyecto y un resumen final del presupuesto.

### **5.2 PRESUPUESTO GENERAL DE MATERIALES Y COMPONENTES**

En este apartado únicamente se tendrán en cuenta los materiales y componentes que se han comprado para incorporarlos en la estructura del robot.

Se divide el apartado en: materiales estructurales y componentes comprados.

#### **5.2.1 MATERIALES ESTRUCTURALES**

En esta sección (Tablas 1 y 2) se trata de averiguar el precio de cada una de las piezas del robot antes de mecanizarlas en el taller. Para poder averiguarlo consultaremos el tamaño de cada tocho o barra de donde procede cada elemento y sus precios.

Dado que no va a haber producción en serie no será necesario hacer un estudio de colocación de las piezas para aumentar el número de piezas por plancha de material.

Para poder especificar hasta el máximo detalle los precios se ha considerado oportuno dividir este apartado en varias tablas: piezas de aluminio y piezas de acero.

### **5.2.2 COMPONENTES COMPRADOS**

Este apartado (Tablas 3, 4 y 5), en cambio, se basa en conocer los precios de los distintos elementos y componentes que se han comprado para que con su función se consigan las aplicaciones deseadas en el robot. Para más información sobre estos elementos se ha añadido en el pliego de condiciones un apartado donde están las características y especificaciones de cada uno de estos elementos. Para hacerlo más entendible se ha dividido en tres tablas distintas: elementos de fijación, sistema motor y varios.

### **5.3 PRESUPUESTO GENERAL DE TRABAJOS**

En este apartado (Tabla 6) se han presupuestado las tareas relacionadas con el diseño y el montaje del robot.

### **5.4 PRESUPUESTO FINAL**

Finalmente se han englobado en la Tabla 7 todos los presupuestos individuales obteniendo el coste final del proyecto.

**PROYECTO DE FIN DE CARRERA:****“DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE TROQUELADO Y EMBUTICIÓN”**

<b>ALUMINIO</b>									
<b>Ident.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Espesor (mm)</b>	<b>Proveedor</b>	<b>Código</b>	<b>Material (mm, kg)</b>	<b>Precio (€/Kg)</b>	<b>Número de piezas</b>	<b>Precio pieza (€)</b>	<b>Coste final (€)</b>
#001	Soporte principal	25 mm	SAPA	EN AW-6082	725 x 365, 17.86	1.83	1	32.68	32.68
#003	Brazo izquierdo	50 mm	SAPA	EN AW-6082	511 x 176, 12.14	1.83	1	22.22	22.22
#004	Brazo derecho	50 mm	SAPA	EN AW-6082	511 x 176, 12.14	1.83	1	22.22	22.22
#007	Tubo	60 x 50 mm	SAPA	EN AW-6060	802, 1.87	1.8	2	3.37	6.74
#010	Soporte de giro	70 mm	SAPA	EN AW-6082	174 x 94, 3.09	1.83	4	5.65	22.6
#011	Inmovilizador 1	20 mm	SAPA	EN AW-6082	130 x 94, 0.66	1.83	1	1.21	1.21
#012	Triángulo	20 mm	SAPA	EN AW-6082	271 x 255, 3.73	1.83	1	6.83	6.83
#013	Tubo corto	Ø18 mm	SAPA	EN AW-6060	249.5, 0.17	1.8	1	0.31	0.31
#017	Inmovilizador 2	20 mm	SAPA	EN AW-6082	272 x 94, 1.38	1.83	1	2.53	2.53
#018	Tubo largo	Ø18 mm	SAPA	EN AW-6060	700, 0.48	1.8	1	0.86	0.86
#019	Soporte de sistema de vacío	10 mm	SAPA	EN AW-6082	246 x 130, 0.86	1.83	1	1.57	1.57
<b>TOTAL (sin IVA)</b>									<b>119.77</b>

Tabla 1: Presupuesto de elementos de aluminio.

CAPITULO: 5 – PRESUPUESTO

ACERO									
Ident.	Descripción	Espesor (mm)	Proveedor	Código	Material (mm, Kg)	Precio (€/Kg)	Número de piezas	Precio pieza (€)	Coste final (€)
#002	Soporte secundario	Ø70 mm	MCB	S235 JRC+C	115, 3.47	0.8	1	2.78	2.78
#005	Conector	Ø105 mm	MCB	S235 JRC+C	88, 5.98	0.8	2	4.78	9.56
#006	Tope del eje	Ø55 mm	MCB	S235 JRC+C	15, 0.28	0.8	2	0.22	0.44
#008	Eje 2	Ø30 mm	MCB	S235 JRC+C	151.5, 0.84	0.8	1	0.67	0.67
#009	Eje 3	Ø30 mm	MCB	S235 JRC+C	129.5, 0.72	0.8	1	0.58	0.58
#014	Eje pequeño	Ø14 mm	MCB	S235 JRC+C	48.6, 0.06	0.8	4	0.05	0.2
#015	Eje 1	Ø30 mm	MCB	S235 JRC+C	245, 1.36	0.8	1	1.09	1.09
#016	Tope de triángulo	Ø 24 mm	MCB	S235 JRC+C	6, 0.02	0.8	1	0.02	0.02
<b>TOTAL (sin IVA)</b>									<b>15.34</b>

Tabla 2: Presupuesto de elementos de acero.





**PROYECTO DE FIN DE CARRERA:  
"DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE TROQUELADO Y EMBUTICIÓN"**

<b>ELEMENTOS DE FIJACIÓN</b>					
<b>Ident.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Proveedor</b>	<b>Número de piezas</b>	<b>Precio unidad (€)</b>	<b>Coste final (€)</b>
29	Perno de cabeza cilíndrica M 8 x 1 x 25	INFA SRL	2	0.26	0.52
32	Perno de cabeza cilíndrica M 10 x 1,25 x 40	INFA SRL	18	0.52	9.36
14	Perno de cabeza cilíndrica M 8 x 1 x 40	INFA SRL	6	0.32	1.92
27	Perno de cabeza plana avellanada M 8 x 1 x 20	INFA SRL	1	0.55	0.55
16	Perno de cabeza plana avellanada M 8 x 1 x 25	INFA SRL	4	0.56	2.24
35	Perno de cabeza plana avellanada M 12 x 1.75 x 55	INFA SRL	1	3.74	3.74
9	Pasadores cilíndricos EN 22338 – B – 6 – 12 – St	INFA SRL	16	1.76	28.16
15	Pasadores cilíndricos EN 22338 – B – 8 – 40 – St	INFA SRL	6	2.71	16.26
24	Pasadores cilíndricos EN 22338 – B – 8 – 25 – St	INFA SRL	4	1.95	7.80
6	Espárragos largos M12 x 1,25 – M12 x 1,25 x 45 UNE 17085	INFA SRL	2	3.19	6.38
6	Espárragos largos M12 x 1,25 – M12-LH x 1,25 x 45 UNE 17085	INFA SRL	2	3.19	6.38
2	Anillos elásticos de seguridad 12 UNE 2607	INFA SRL	4	0.44	1.76
	Arandelas de muelle A 10 DIN 127	INFA SRL	2	0.37	0.74
<b>TOTAL (sin IVA)</b>					<b>85.81</b>

Tabla 3: Presupuesto de elementos de fijación.

CAPITULO: 5 – PRESUPUESTO

SISTEMA MOTOR					
Ident.	Descripción	Proveedor	Número de elementos	Precio unidad (€)	Coste final(€)
22	Caja reductora CP 115-M02	WITTENSTEIN	2	781.10	1562.20
22	Motor AKM52K-ANC2R-00	KOLLMORGEN	2	2156.05	4312.10
<b>TOTAL (sin IVA)</b>					<b>5874.30</b>

Tabla 4: Presupuesto de elementos que componen el motor.

VARIOS					
Ident.	Descripción	Proveedor	Número de elementos	Precio unidad (€)	Coste final (€)
18	Rodamientos de bolas con contacto angular 7204BECBP	SKF	12	61.34	736.08
20	Tuercas de fijación para rodamiento KMFE 4	SKF	6	9.17	55.02
3	Cabeza de rótula CRSGS-M12x1.25	FESTO	4	54.39	217.56
-	Ventosa VASB G1/8 1395690 VASB-30-1/8-PUR-B	FESTO	1	16.48	16.48
-	Racor LJK en L G1/8 151784 LJK-1/8-1/1	FESTO	1	22.15	22.15
<b>TOTAL (sin IVA)</b>					<b>1047.29</b>

Tabla 5: Presupuesto de elementos varios.



**PROYECTO DE FIN DE CARRERA:  
"DISEÑO DE UN ROBOT DELTA 2 PARA ALIMENTACIÓN DE PROCESO DE TROQUELADO Y EMBUTICIÓN"**

<b>TRABAJOS</b>				
<b>Ident</b>	<b>Descripción</b>	<b>Número de horas</b>	<b>Precio hora (€)</b>	<b>Coste final (€)</b>
-	Diseño	250	40.00	10000.00
-	Montaje	72	25.00	1800.00
<b>TOTAL (sin IVA)</b>				<b>11800.00</b>

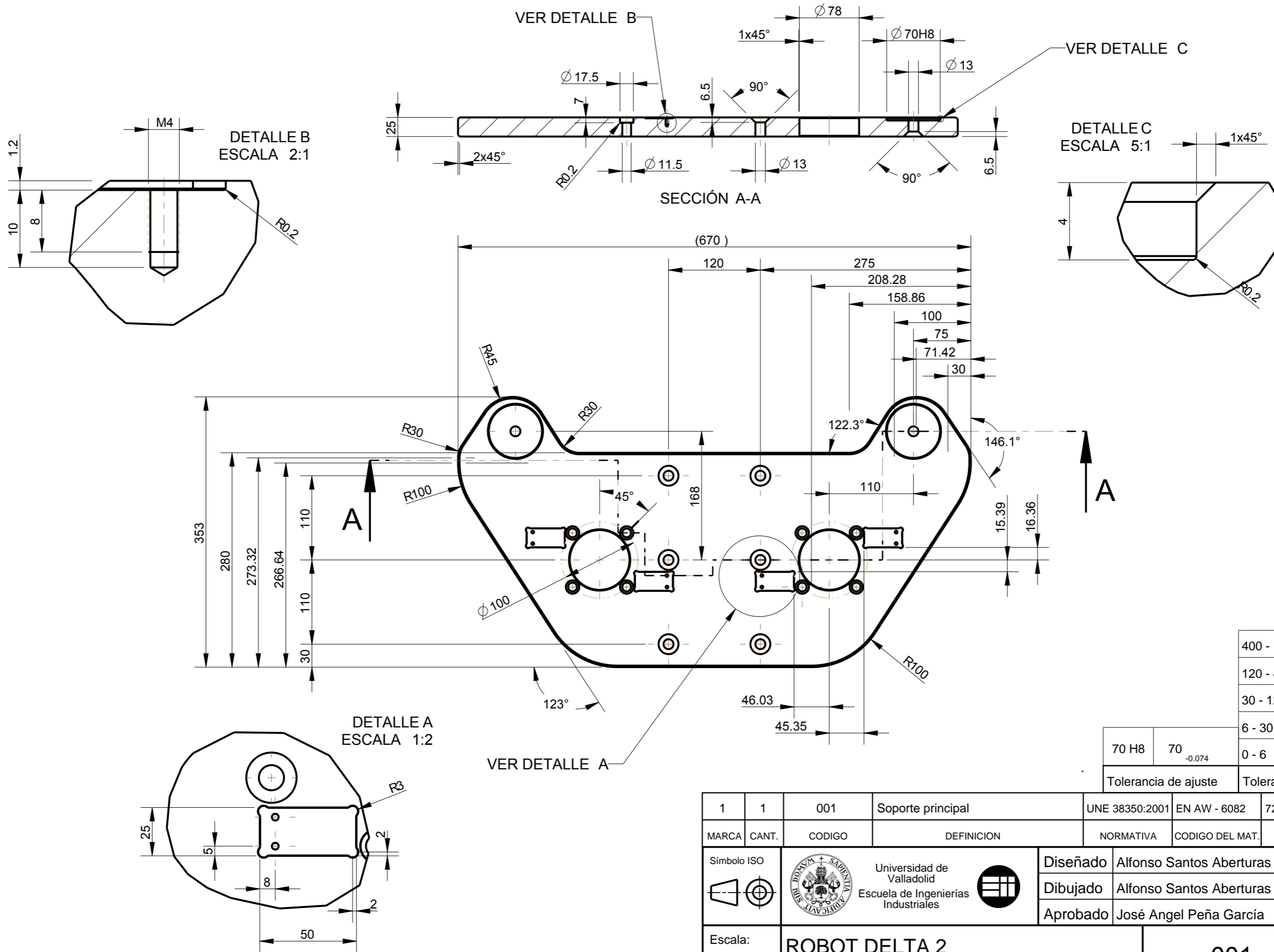
Tabla 6: Presupuesto de tareas.

<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Precio (€)</b>
ALUMINIO	119.77
ACERO	15.34
ELEMENTOS DE FIJACIÓN	85.81
SISTEMA MOTOR	5874.30
VARIOS	1047.29
TRABAJOS	11800.00
<b>TOTAL (sin IVA)</b>	<b>18942,51</b>
<b>TOTAL (con IVA 18%)</b>	<b>22352,16</b>

Tabla 7: Presupuesto total del proyecto.

**ANEXO 1: PLANOS**

3.2



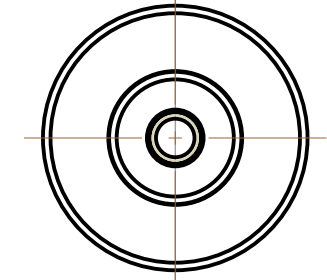
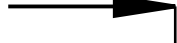
400 - 1000	± 0.30
120 - 400	± 0.20
30 - 120	± 0.15
6 - 30	± 0.10
0 - 6	± 0.05

70 H8	70 -0.074	0 - 6	± 0.05
Tolerancia de ajuste		Tolerancia general	

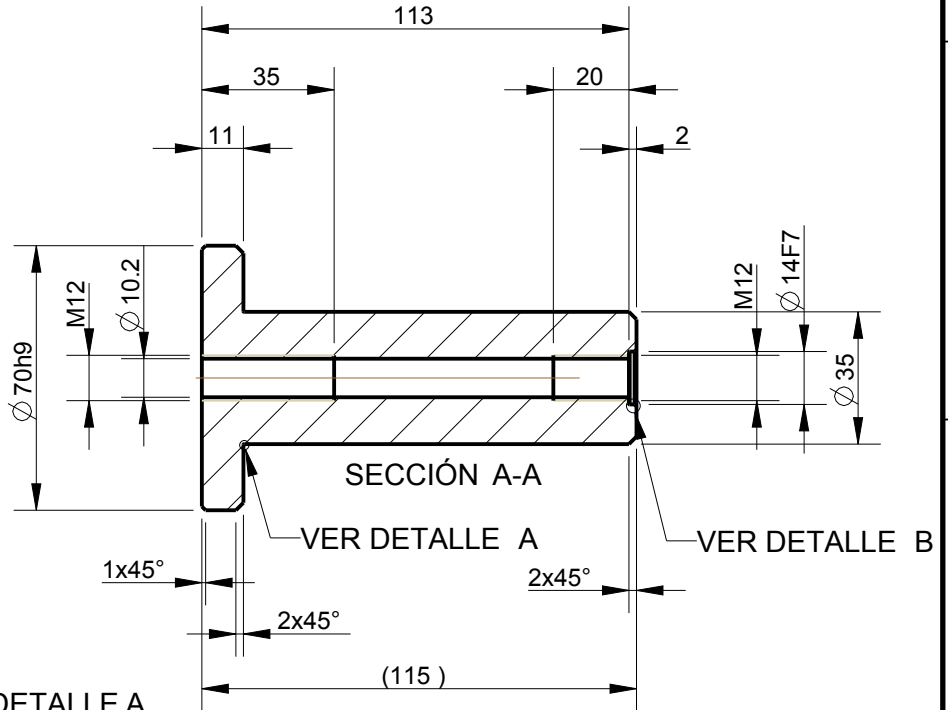
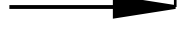
1	1	001	Soporte principal	UNE 38350:2001	EN AW - 6082	725 x 365 x 25+
MARCA	CANT.	CODIGO	DEFINICION	NORMATIVA	CODIGO DEL MAT.	OBSERVACIONES
				Diseñado	Alfonso Santos Aberturas	17 - May - 12
				Dibujado	Alfonso Santos Aberturas	29 - May - 12
				Aprobado	José Angel Peña García	15 - Jun - 12
Escala:	ROBOT DELTA 2			001		Hoja:
1:5	SOPORTE PRINCIPAL					1   1
File: MAINSUPPORT						

3.2

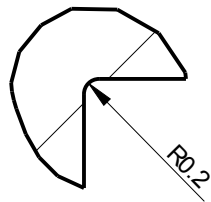
A



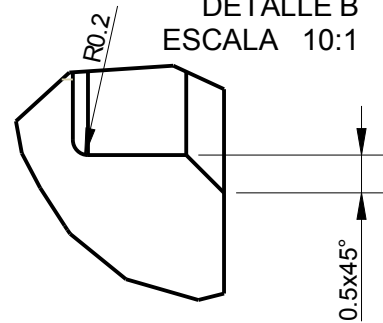
A



DETALLE A  
ESCALA 10:1



DETALLE B  
ESCALA 10:1



		400 - 1000	± 0.30
		120 - 400	± 0.20
70 h9	70 -0.074	30 - 120	± 0.15
		6 - 30	± 0.10
14 F7	14 +0.034 +0.016	0 - 6	± 0.05
Tolerancia de ajuste		Tolerancia general	

30	1	002	SopORTE secundario	UNE EN 10025:2006	S235 JRC+C	Diam. 70 x 115+
MARCA	CANT.	CODIGO	DEFINICION	NORMATIVA	CODIGO DEL MAT.	OBSERVACIONES

Simbolo ISO 	Universidad de Valladolid Escuela de Ingenierías Industriales	Diseñado	Alfonso Santos Aberturas	12 - May - 12
		Dibujado	Alfonso Santos Aberturas	26 - May - 12
		Aprobado	José Ángel Peña García	15 - Jun - 12

Escala: 1:2	ROBOT DELTA 2	002	Hoja:
	SOPORTE SECUNDARIO		1   1
File: MINORSUPPORT			

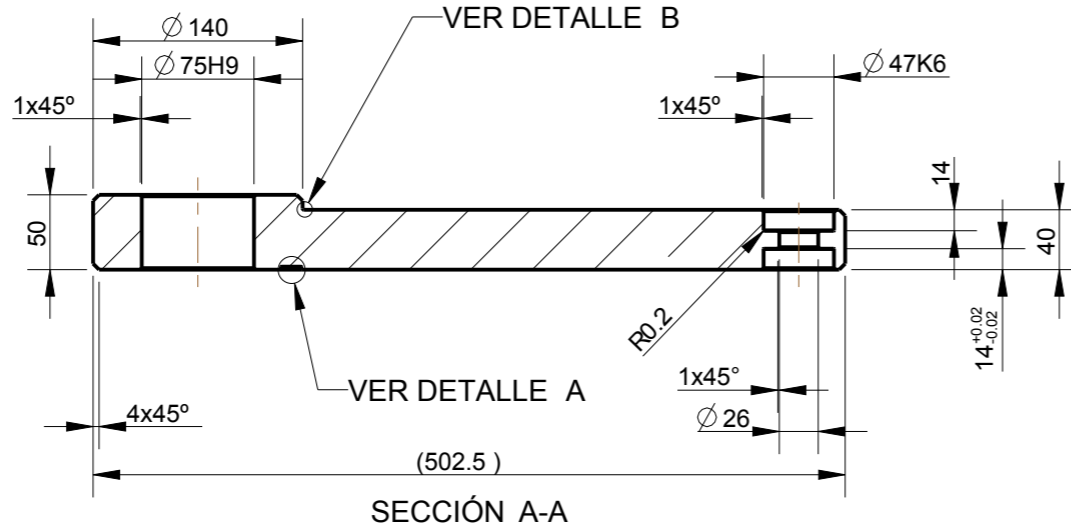
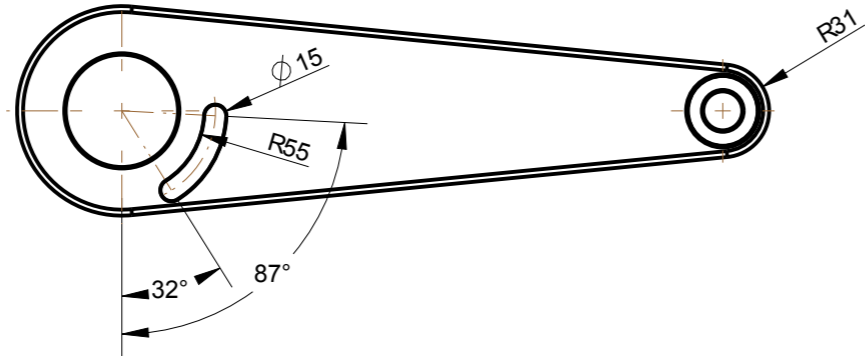
1

2

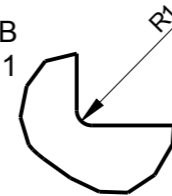
3

A4

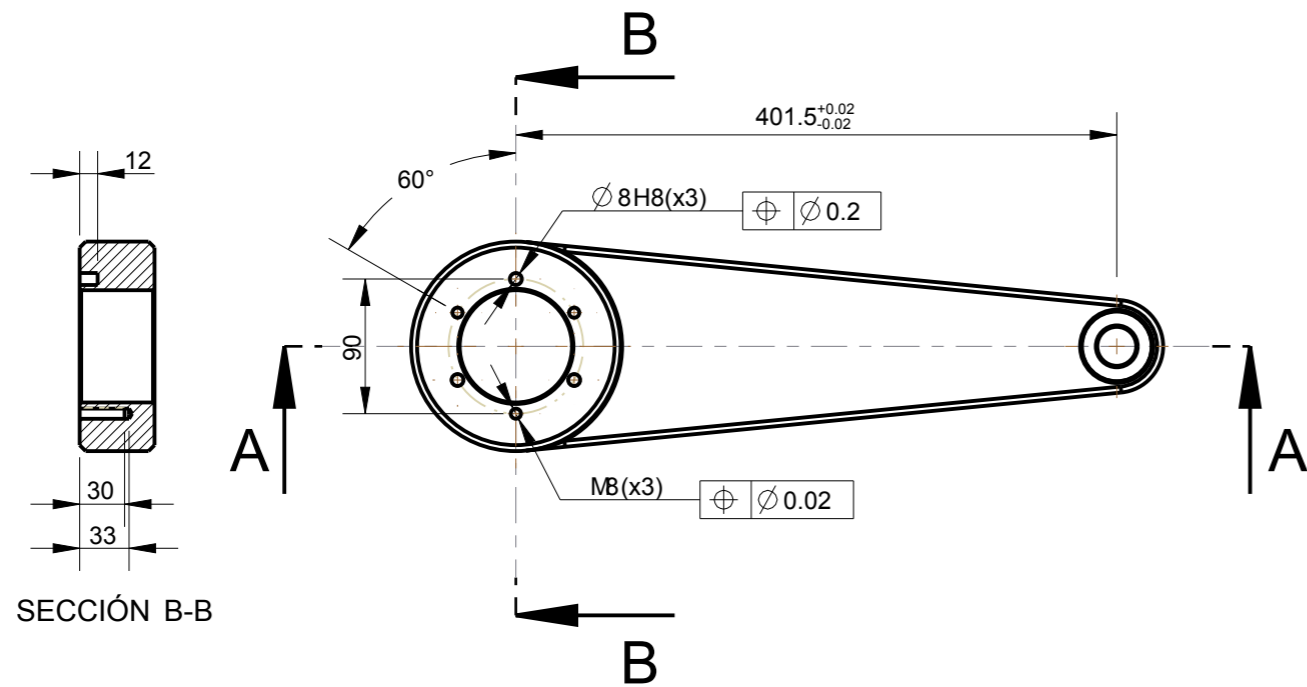
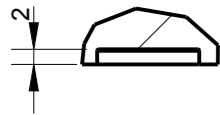
3.2



DETALLE B  
ESCALA 2:1



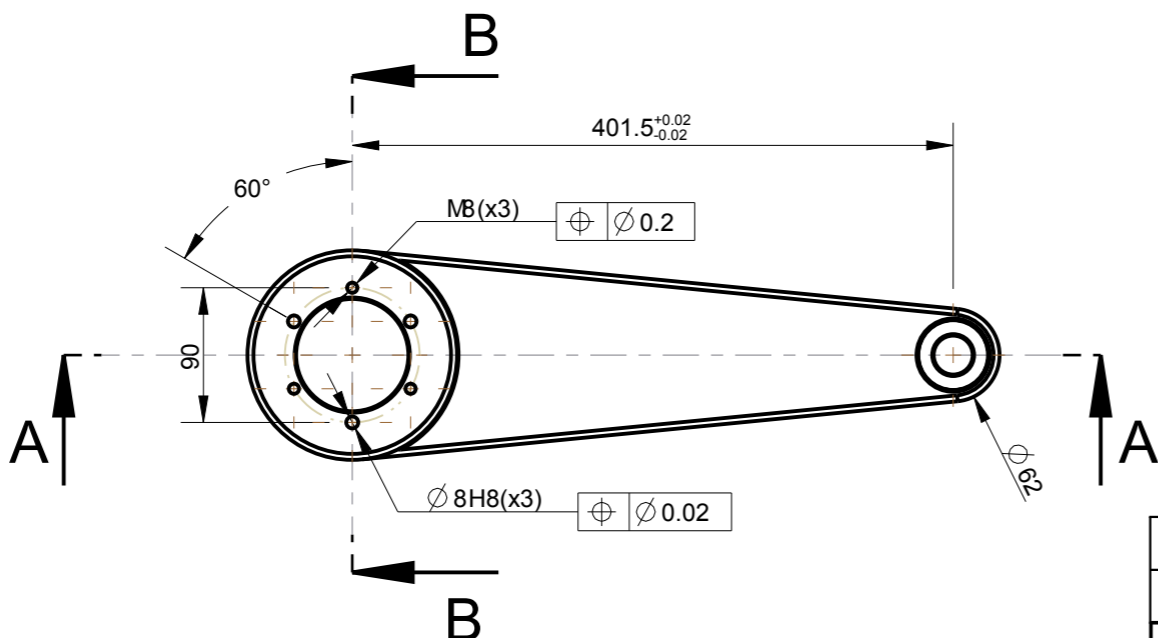
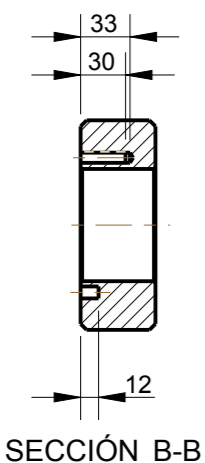
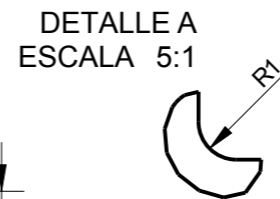
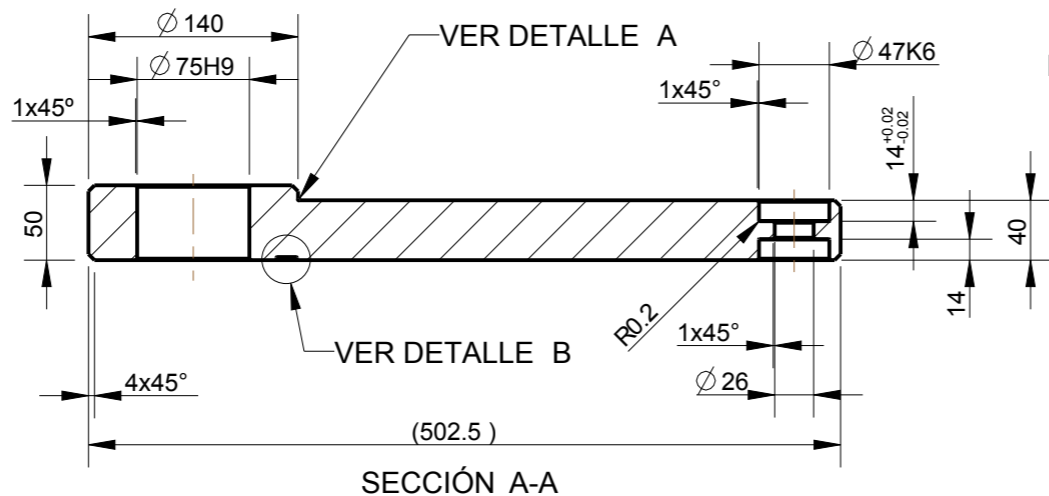
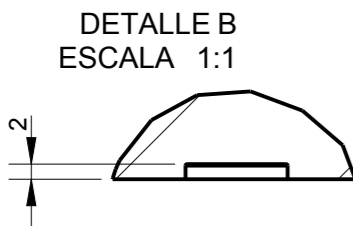
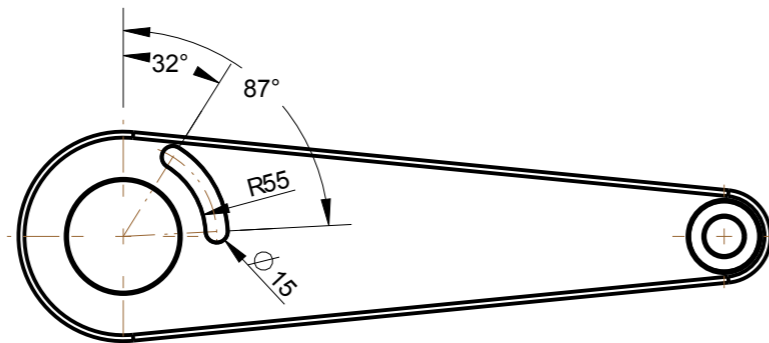
DETALLE A  
ESCALA 1:1



8 H8	8 +0.022	400 - 1000	± 0.30
		120 - 400	± 0.20
47 K6	47 +0.019 +0.003	30 - 120	± 0.15
		6 - 30	± 0.10
75 H9	75 +0.074	0 - 6	± 0.05
Tolerancia de ajuste		Tolerancia general	

13	1	003	Brazo izquierdo	UNE 38350:2001	EN AW - 6082	511 x 176 x 50+
MARCA	CANT.	CODIGO	DEFINICION	NORMATIVA	CODIGO DEL MAT.	OBSERVACIONES
Simbolo ISO			Diseñado	Alfonso Santos Aberturas	10 - May - 12	
			Dibujado	Alfonso Santos Aberturas	13 - May - 12	
			Aprobado	José Ángel Peña García	15 - Jun - 12	
Escala:	ROBOT DELTA 2			003		Hoja:
1:5	BRAZO IZQUIERDO			File: ARM		1   1

3.2

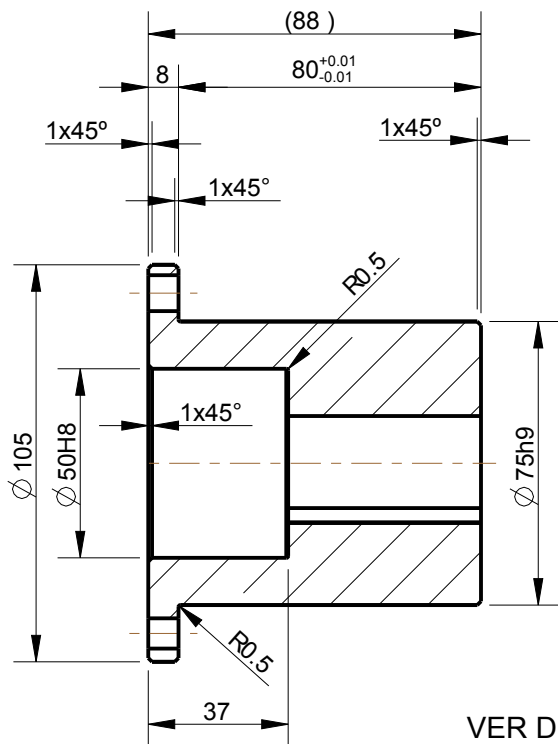


8 H8	8 +0.022	400 - 1000	± 0.30
47 K6	47 +0.019 +0.003	120 - 400	± 0.20
75 H9	75 +0.074	30 - 120	± 0.15
		6 - 30	± 0.10
		0 - 6	± 0.05
Tolerancia de ajuste		Tolerancia general	

13	1	004	Brazo derecho	UNE 38350:2001	EN AW - 6082	511 x 176 x 50+
MARCA	CANT.	CODIGO	DEFINICION	NORMATIVA	CODIGO DEL MAT.	OBSERVACIONES
Simbolo ISO			Diseñado	Alfonso Santos Aberturas	19 - Abr - 12	
			Dibujado	Alfonso Santos Aberturas	01 - Jun - 12	
			Aprobado	José Ángel Peña García	15 - Jun - 12	
Escala:	ROBOT DELTA 2				004	Hoja:
1:5	BRAZO DERECHO				1	1
File: ARMRIGHT						

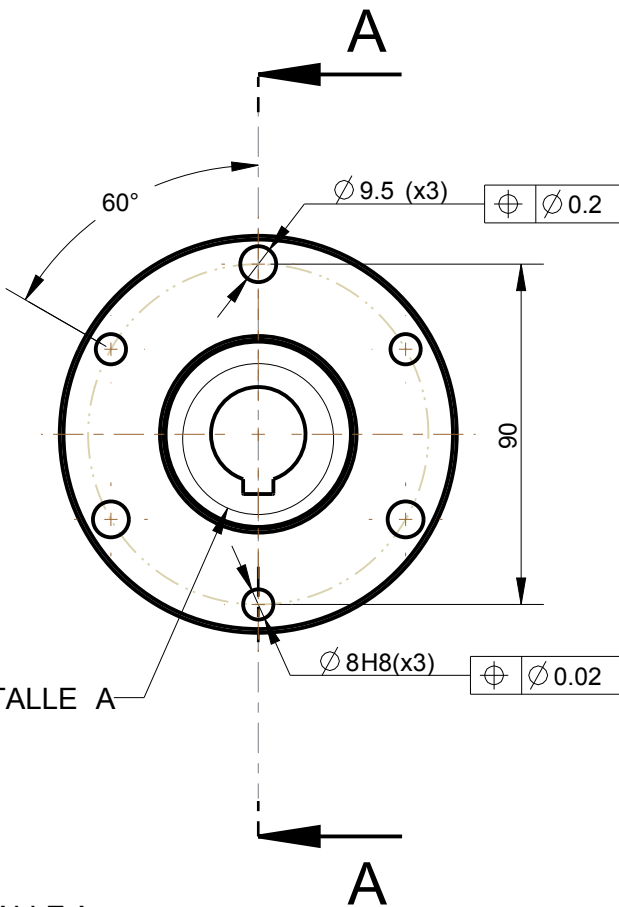


3.2

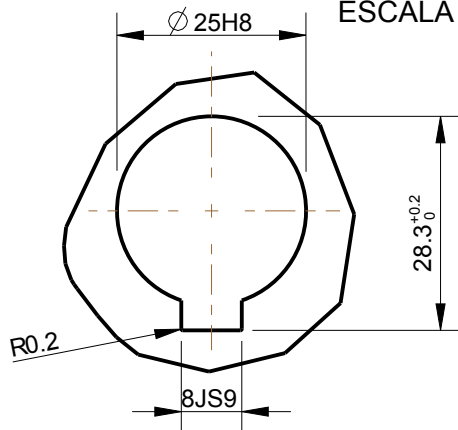


SECCIÓN A-A

VER DETALLE A



DETALLE A  
ESCALA 1:1

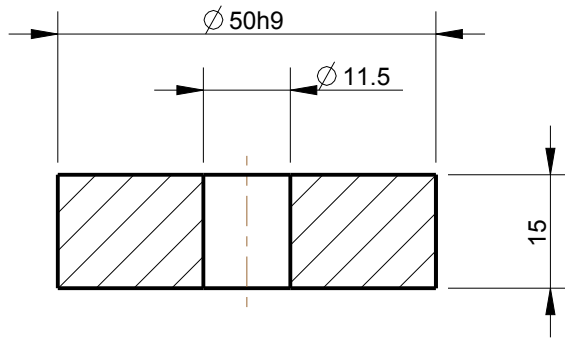
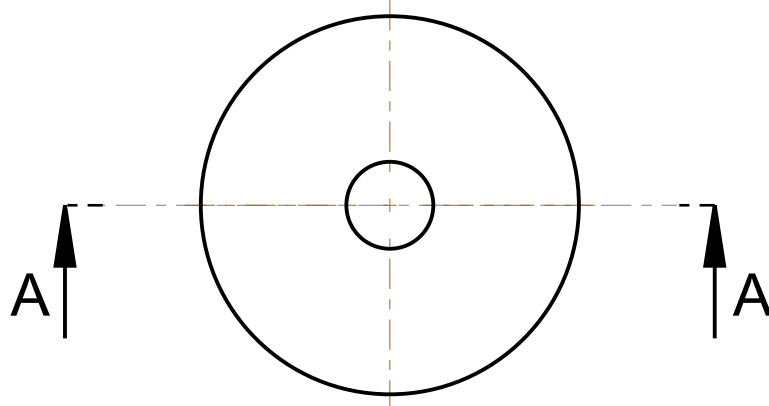


50 H8	50 +0.046		
8 H8	8 +0.022	400 - 1000	± 0.30
25 H8	25 +0.033	120 - 400	± 0.20
75 h9	75 -0.074	30 - 120	± 0.15
8 JS9	8 +0.018 -0.018	6 - 30	± 0.10
		0 - 6	± 0.05
Tolerancia de ajuste		Tolerancia general	

34	2	005	Conector	UNE EN 10025:2006	S235 JRC+C	Diam. 105 x 88+
MARCA	CANT.	CODIGO	DEFINICION	NORMATIVA	CODIGO DEL MAT.	OBSERVACIONES

Simbolo ISO		Diseñado	Alfonso Santos Aberturas	18 - May - 12
		Dibujado	Alfonso Santos Aberturas	10 - Jun - 12
		Aprobado	José Angel Peña García	15 - Jun - 12

Escala:	ROBOT DELTA 2	005	Hoja:
1:2	CONECTOR		1   1
		File: ARMCONNECTION	



SECCIÓN A-A

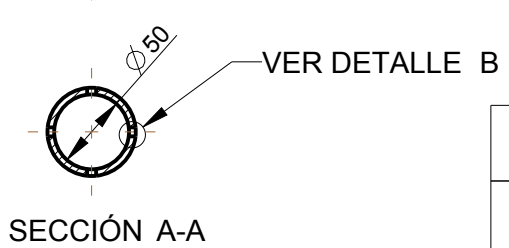
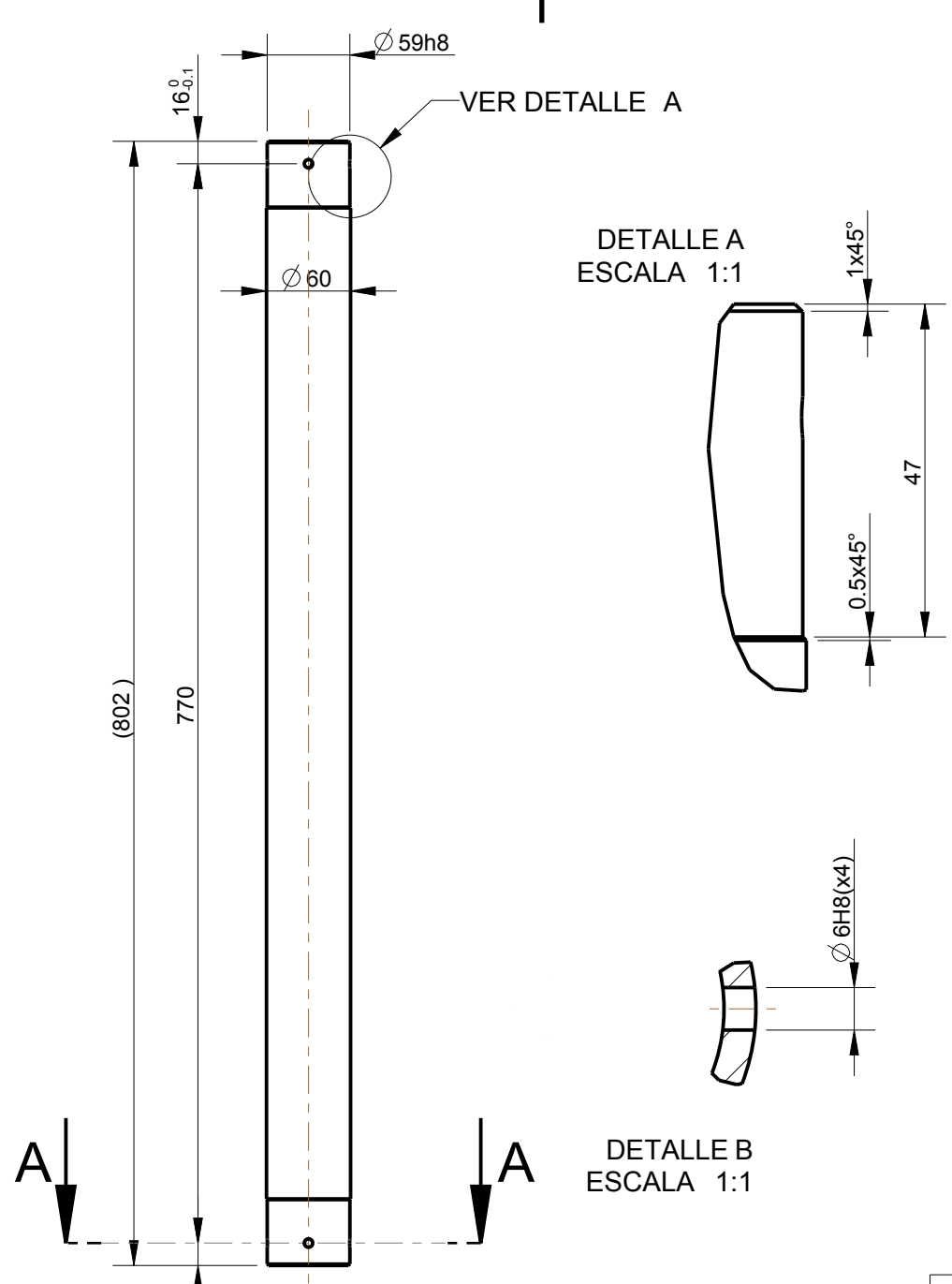
400 - 1000	± 0.30
120 - 400	± 0.20
30 - 120	± 0.15
6 - 30	± 0.10
0 - 6	± 0.05

50 h9	50 -0.074
Tolerancia de ajuste	
Tolerancia general	

33	2	006	Tope del eje	UNE EN 10025:2006	S235 JRC+C	Diam. 55 x 15+
MARCA	CANT.	CODIGO	DEFINICION	NORMATIVA	CODIGO DEL MAT.	OBSERVACIONES

Simbolo ISO 	Universidad de Valladolid Escuela de Ingenierías Industriales		Diseñado	Alfonso Santos Aberturas	11 - Abr - 12
			Dibujado	Alfonso Santos Aberturas	07 - Jun - 12
			Aprobado	José Ángel Peña García	15 - Jun - 12

Escala: 1:1	ROBOT DELTA 2	006	Hoja:
	TOPE DEL EJE		1   1
File: MOTORBLOCK			



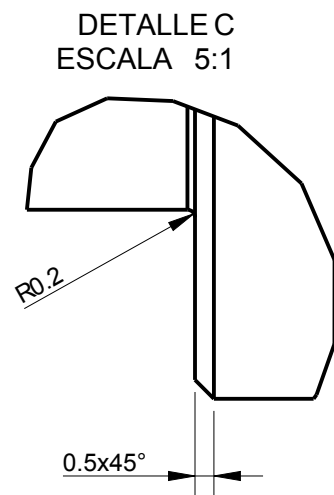
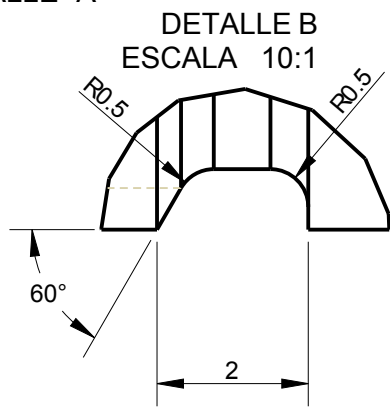
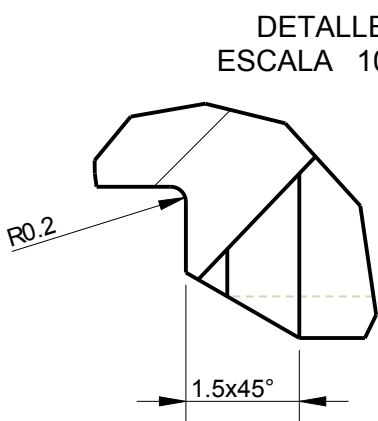
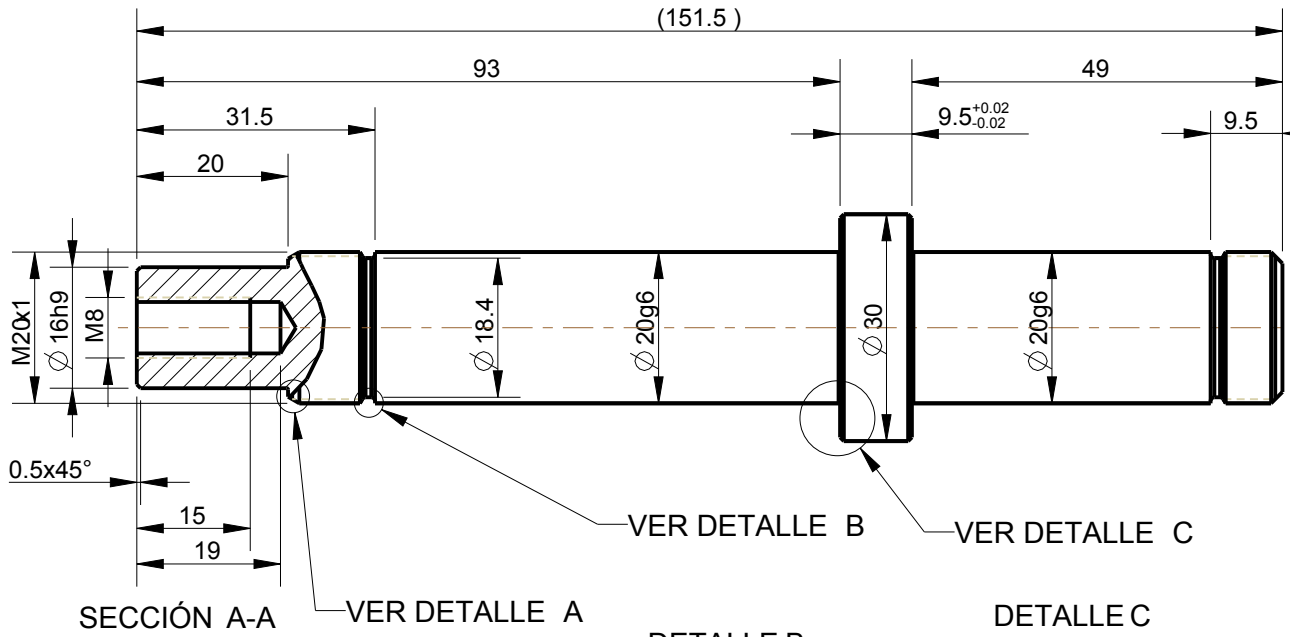
400 - 1000	$\pm 0.30$
120 - 400	$\pm 0.20$
30 - 120	$\pm 0.15$
6 - 30	$\pm 0.10$
0 - 6	$\pm 0.05$
Tolerancia de ajuste	
Tolerancia general	

11	2	007	Tubo	UNE 38350:2001	EN AW - 6060	Diam. 60 x 50 x 802+
MARCA	CANT.	CODIGO	DEFINICION	NORMATIVA	CODIGO DEL MAT.	OBSERVACIONES

Simbolo ISO 		Diseñado	Alfonso Santos Aberturas	02 - May - 12
		Dibujado	Alfonso Santos Aberturas	02 - Jun - 12
		Aprobado	José Angel Peña García	15 - Jun - 12

Escala:	ROBOT DELTA 2	007	Hoja:
1:5	TUBO		1   1
		File: TUBE	

3.2



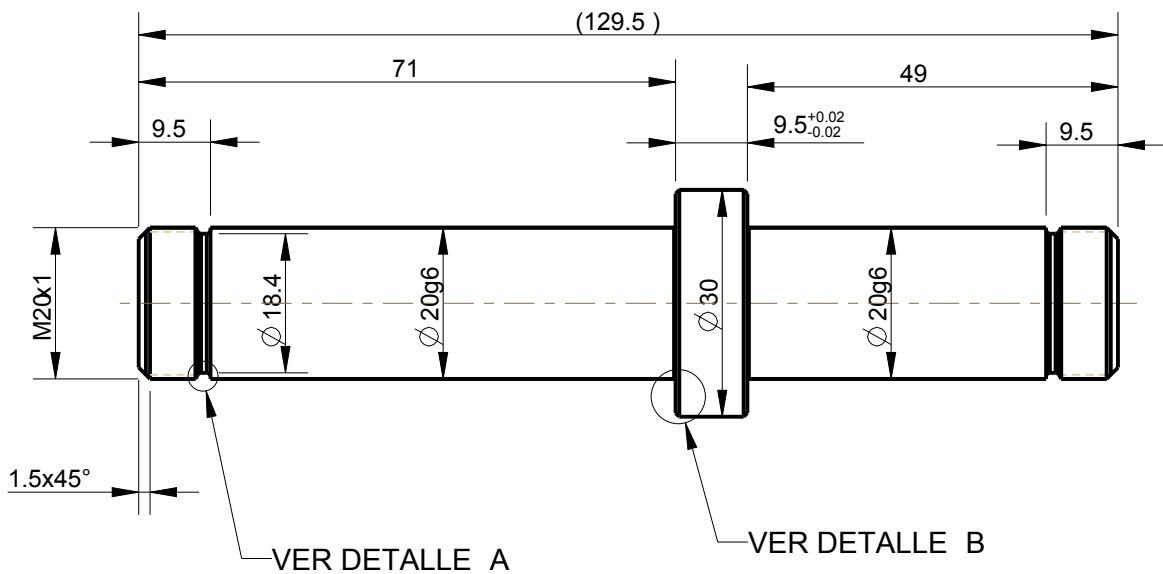
16 h9	16 <sub>-0.043</sub>	400 - 1000	± 0.30
20 g6	20 <sub>-0.007</sub> <sub>-0.020</sub>	120 - 400	± 0.20
Tolerancia de ajuste		30 - 120	± 0.15
		6 - 30	± 0.10
		0 - 6	± 0.05
		Tolerancia general	

25	2	008	Eje 2	UNE EN 10025:2006	S235 JRC+C	Diam. 105 x 88+
MARCA	CANT.	CODIGO	DEFINICION	NORMATIVA	CODIGO DEL MAT.	OBSERVACIONES

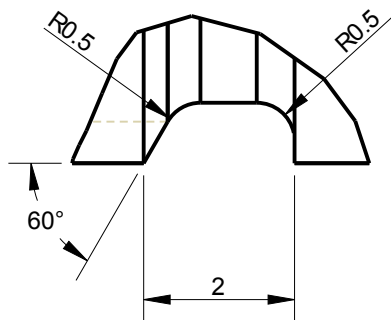
Simbolo ISO 		Diseñado	Alfonso Santos Aberturas	12 - May - 12
		Dibujado	Alfonso Santos Aberturas	04 - Jun - 12
		Aprobado	José Angel Peña García	15 - Jun - 12

Escala: 1:1	<b>ROBOT DELTA 2</b> <b>EJE 2</b>	<b>008</b>	Hoja: 1   1
		File: AXEL2	

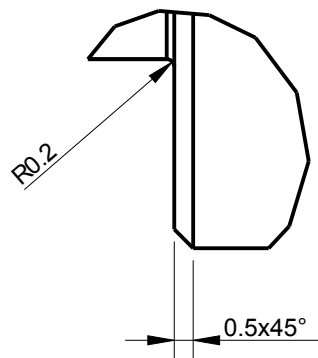
3.2



DETALLE A  
ESCALA 10:1



DETALLE B  
ESCALA 5:1



400 - 1000	± 0.30
120 - 400	± 0.20
30 - 120	± 0.15
6 - 30	± 0.10
0 - 6	± 0.05

20 g6	20 <sup>-0.007</sup> <sub>-0.020</sub>
-------	--

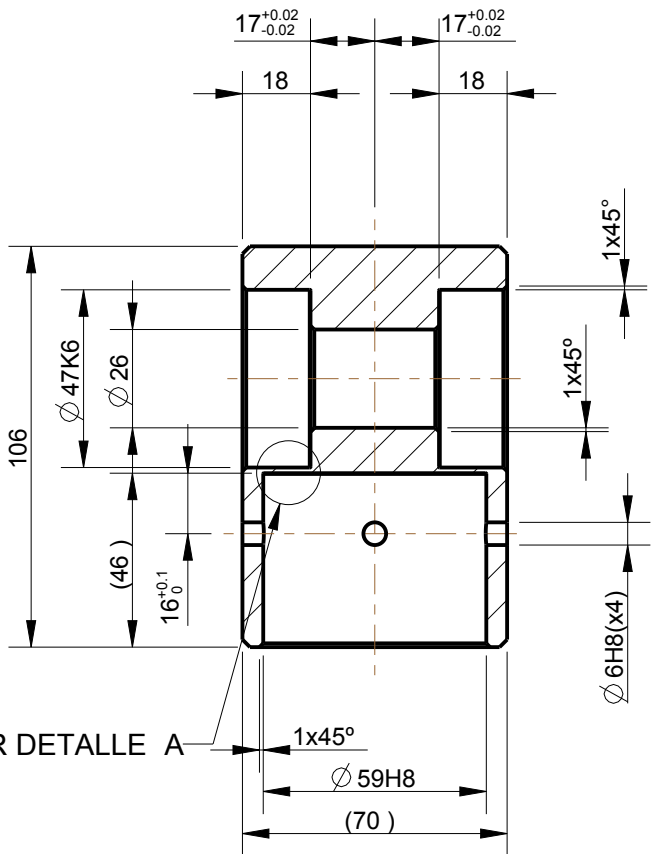
Tolerancia de ajuste	Tolerancia general
----------------------	--------------------

19	1	009	Eje 3	UNE EN 10025:2006	S235 JRC+C	Diam. 30 x 129.5+
MARCA	CANT.	CODIGO	DEFINICION	NORMATIVA	CODIGO DEL MAT.	OBSERVACIONES

Simbolo ISO 		Diseñado	Alfonso Santos Aberturas	07 - May - 12
		Dibujado	Alfonso Santos Aberturas	01 - Jun - 12
		Aprobado	José Angel Peña García	15 - Jun - 12

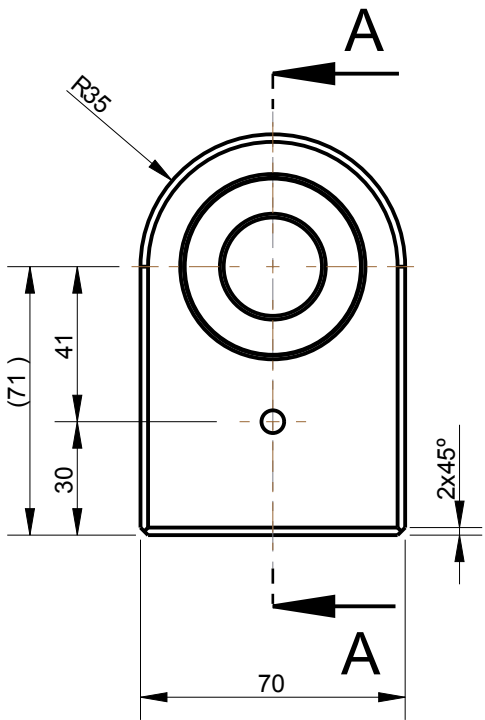
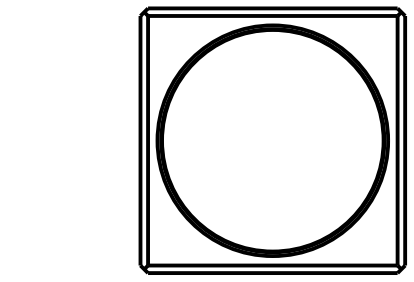
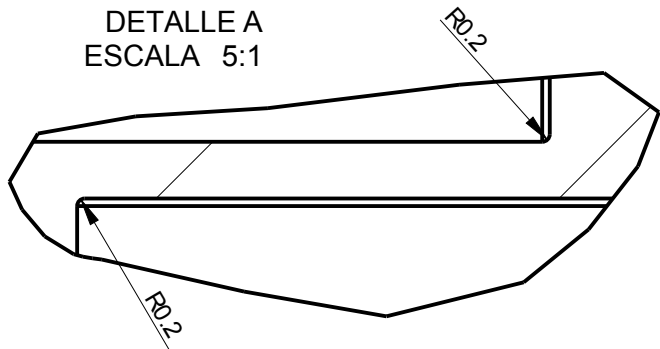
Escala: 1:1	ROBOT DELTA 2	009	Hoja:
	EJE 3		1   1
			File: AXEL3

3.2



SECCIÓN A-A

DETALLE A  
ESCALA 5:1



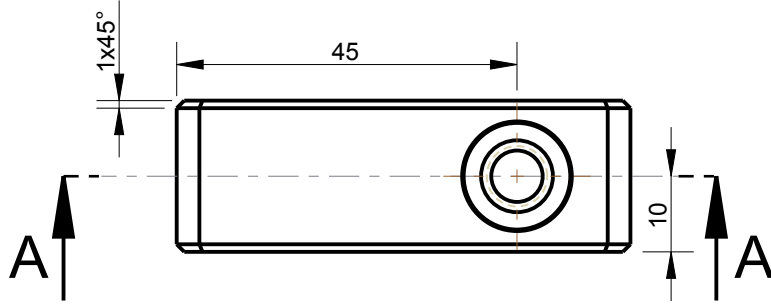
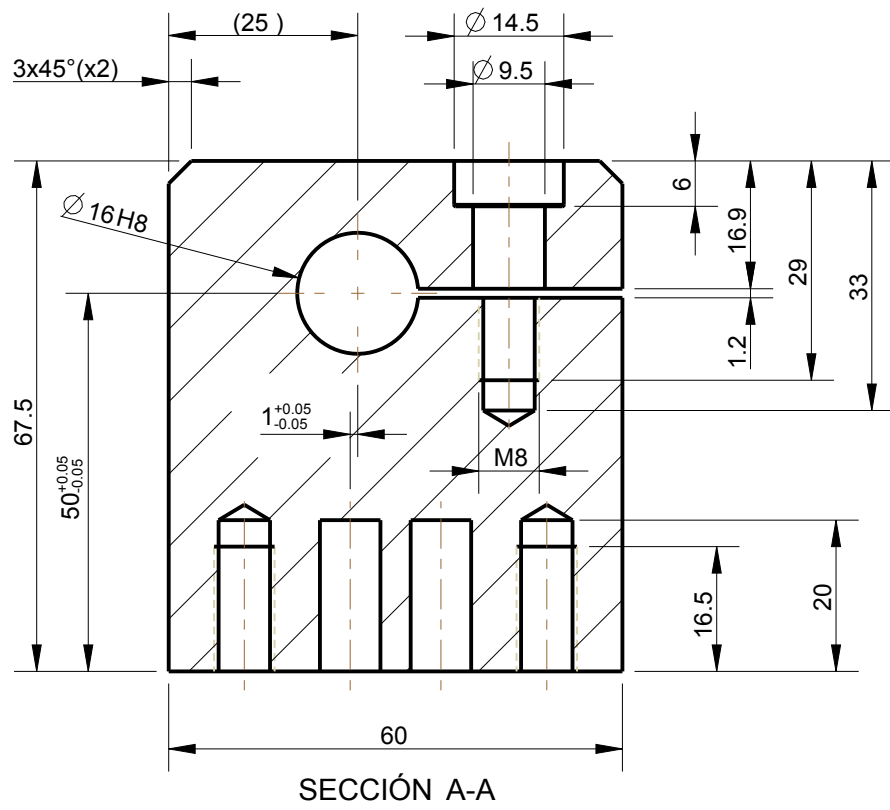
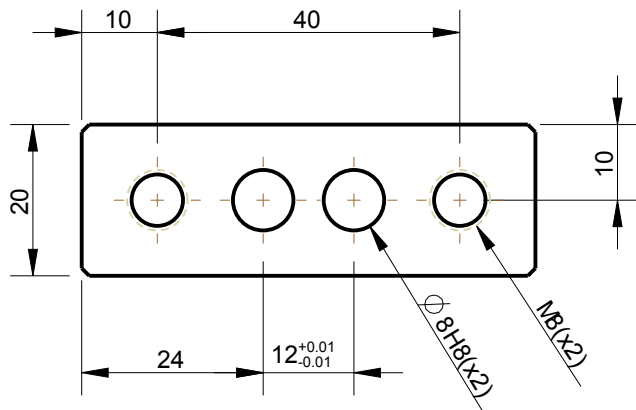
6 H8	6 +0.022	400 - 1000	± 0.30
		120 - 400	± 0.20
60 H10	60 +0.120	30 - 120	± 0.15
		6 - 30	± 0.10
46 K6	46 +0.019 +0.003	0 - 6	± 0.05
Tolerancia de ajuste		Tolerancia general	

12	4	010	Soporte de giro	UNE 38350:2001	EN AW - 6082	174 x 94 x 70+
MARCA	CANT.	CODIGO	DEFINICION	NORMATIVA	CODIGO DEL MAT.	OBSERVACIONES

Simbolo ISO 		Diseñado	Alfonso Santos Aberturas	02 - May - 12
		Dibujado	Alfonso Santos Aberturas	21 - May - 12
		Aprobado	José Angel Peña García	15 - Jun - 12

Escala:	ROBOT DELTA 2	010	Hoja:
1:2	SOPORTE DE GIRO		1   1
		File: TURNSUPPORT	

3.2

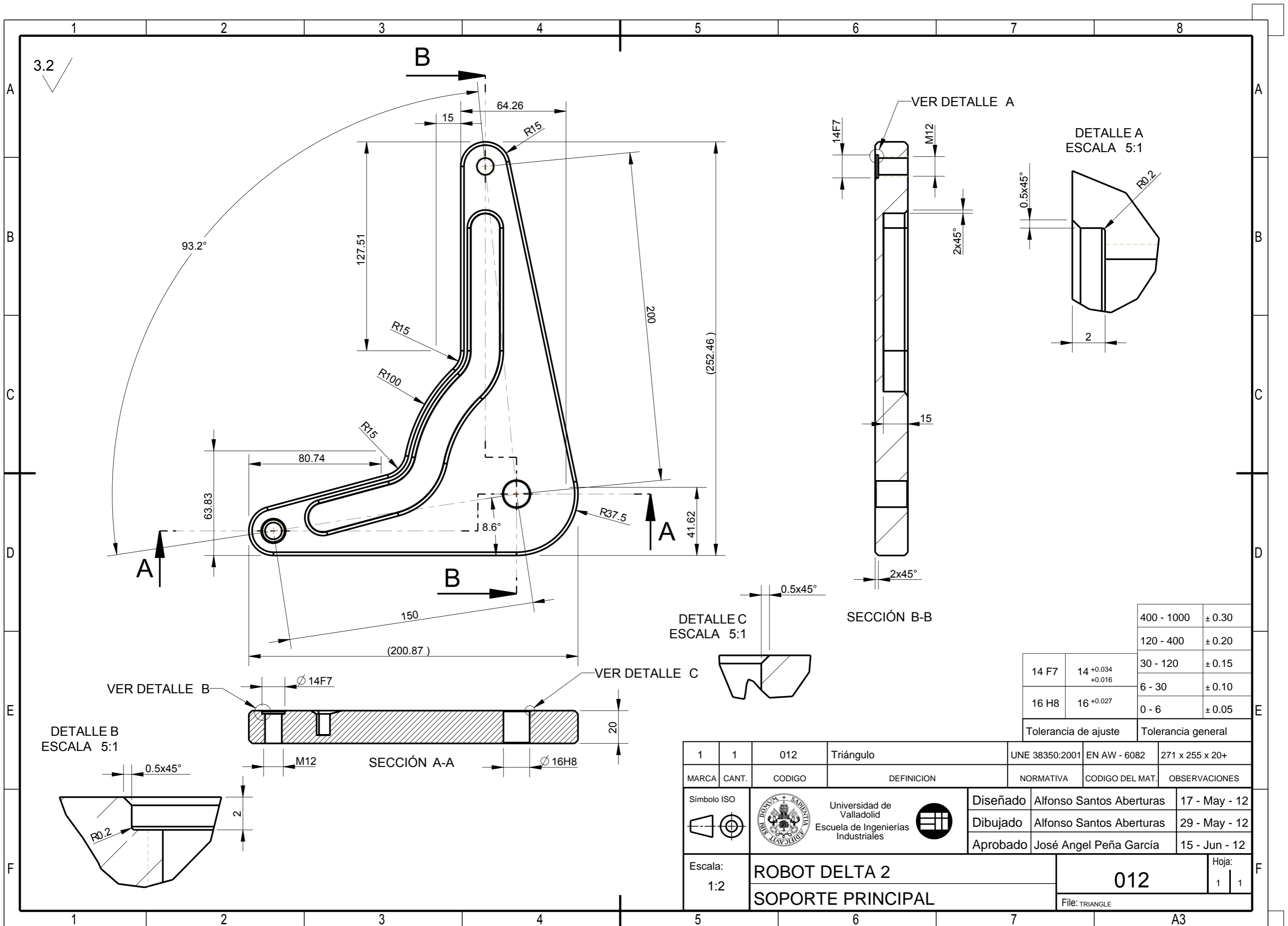


400 - 1000	± 0.30
120 - 400	± 0.20
30 - 120	± 0.15
6 - 30	± 0.10
0 - 6	± 0.05
Tolerancia de ajuste	
Tolerancia general	

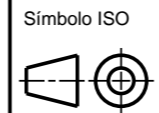
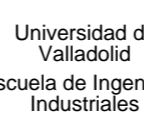

28	1	011	Inmovilizador 1	UNE 38350:2001	EN AW - 6082	130 x 94 x 20+
MARCA	CANT.	CODIGO	DEFINICION	NORMATIVA	CODIGO DEL MAT.	OBSERVACIONES

Simbolo ISO 		Diseñado	Alfonso Santos Aberturas	02 - May - 12
		Dibujado	Alfonso Santos Aberturas	02 - May - 12
		Aprobado	José Ángel Peña García	15 - Jun - 12

Escala: 1:1	ROBOT DELTA 2	011	Hoja: 1   1
	INMOVILIZADOR 1		File: BLOCK1



400 - 1000	± 0.30
120 - 400	± 0.20
30 - 120	± 0.15
6 - 30	± 0.10
0 - 6	± 0.05
Tolerancia de ajuste	
Tolerancia general	

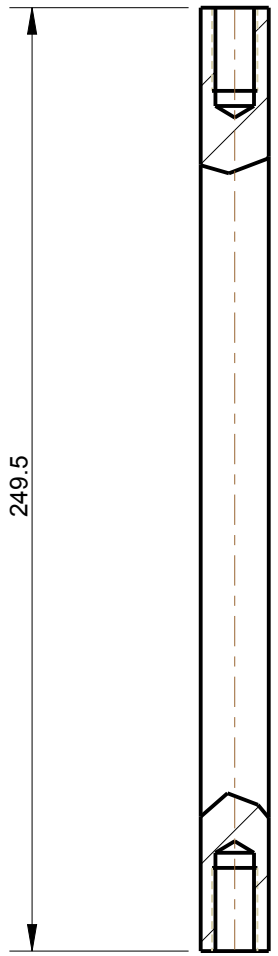
1	1	012	Triángulo	UNE 38350:2001	EN AW - 6082	271 x 255 x 20+
MARCA	CANT.	CODIGO	DEFINICION	NORMATIVA	CODIGO DEL MAT.	OBSERVACIONES
				Diseñado	Alfonso Santos Aberturas	17 - May - 12
				Dibujado	Alfonso Santos Aberturas	29 - May - 12
				Aprobado	José Angel Peña García	15 - Jun - 12
Escala: 1:2				ROBOT DELTA 2		Hoja: 1   1
				SOPORTE PRINCIPAL		012
				File: TRIANGLE		A3



3.2



Ø 18  
M12



SECCIÓN A-A  
B-B

M12LH

400 - 1000	± 0.30
120 - 400	± 0.20
30 - 120	± 0.15
6 - 30	± 0.10
0 - 6	± 0.05

Tolerancia general

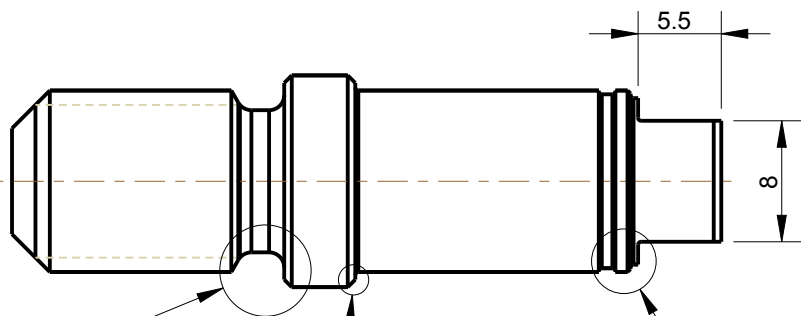
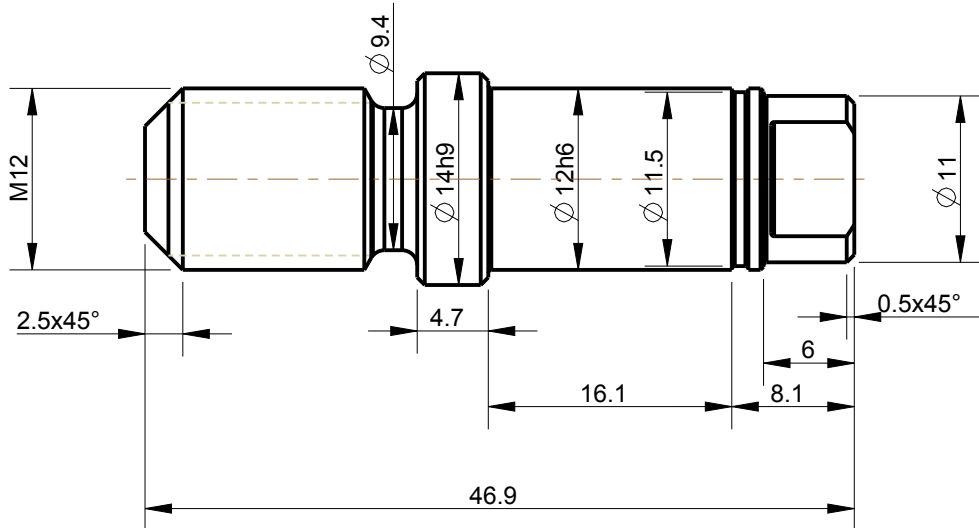
5	1	013	Tubo corto	UNE 38350:2001	EN AW - 6060	Diam. 18 x 249.5+
MARCA	CANT.	CODIGO	DEFINICION	NORMATIVA	CODIGO DEL MAT.	OBSERVACIONES

Simbolo ISO 	Universidad de Valladolid Escuela de Ingenierías Industriales	Diseñado	Alfonso Santos Aberturas	22 - May - 12
		Dibujado	Alfonso Santos Aberturas	01 - Jun - 12
		Aprobado	José Ángel Peña García	15 - Jun - 12

Escala: 1:2	ROBOT DELTA 2	013	Hoja: 1   1
	TUBO CORTO		

File: SHORTTUBE

3.2

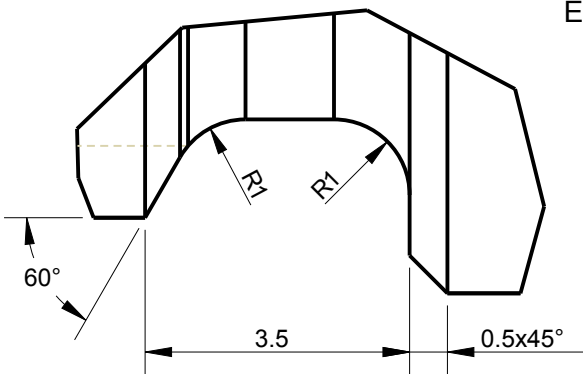


VER DETALLE A

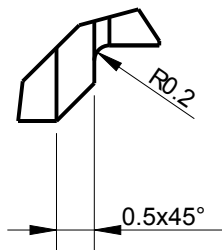
VER DETALLE B

VER DETALLE C

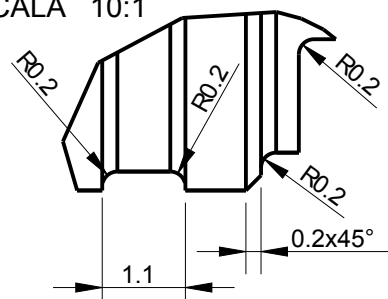
DETALLE A  
ESCALA 10:1



DETALLE B  
ESCALA 10:1



DETALLE C  
ESCALA 10:1



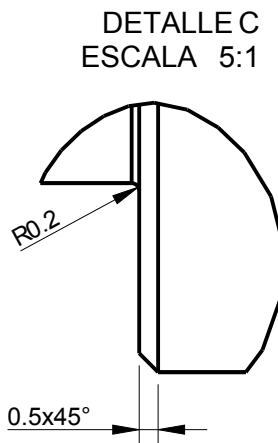
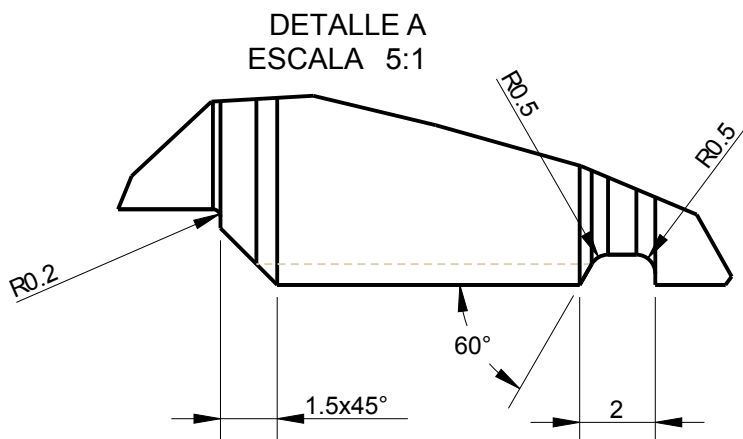
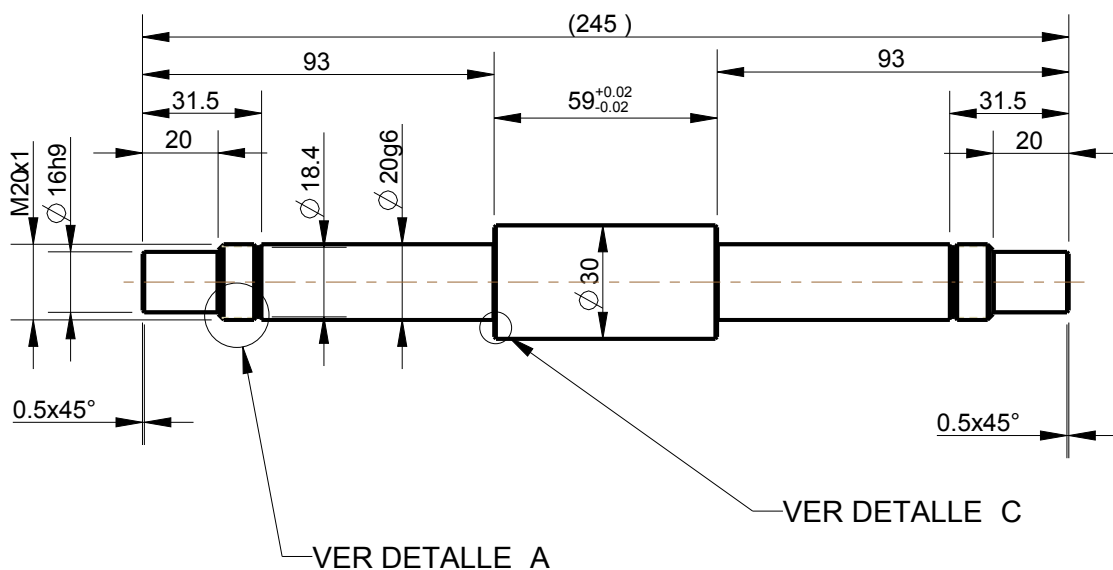
12 h6	12 <sub>-0.011</sub>	400 - 1000	± 0.30
14 h9	14 <sub>-0.043</sub>	120 - 400	± 0.20
Tolerancia de ajuste		30 - 120	± 0.15
		6 - 30	± 0.10
Tolerancia general		0 - 6	± 0.05

21	4	014	Eje pequeño	UNE EN 10025:2006	S235 JRC+C	Diam. 14 x 48.6+
MARCA	CANT.	CODIGO	DEFINICION	NORMATIVA	CODIGO DEL MAT.	OBSERVACIONES

Simbolo ISO		Diseñado	Alfonso Santos Aberturas	12 - May - 12
		Dibujado	Alfonso Santos Aberturas	04 - Jun - 12
		Aprobado	José Angel Peña García	15 - Jun - 12

Escala:	ROBOT DELTA 2	014	Hoja:
2:1			EJE PEQUEÑO
		File: SMALLAXEL2	

3.2



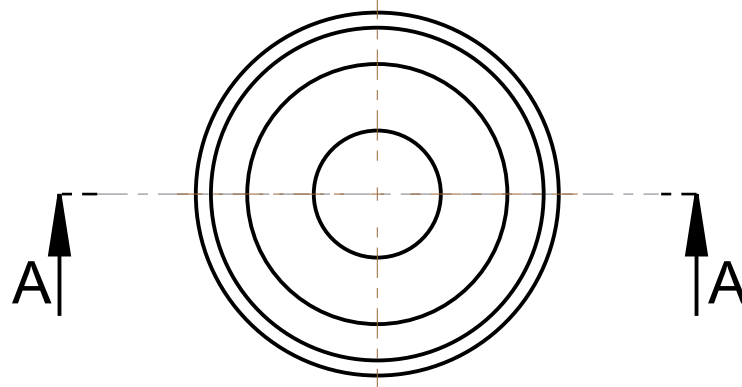
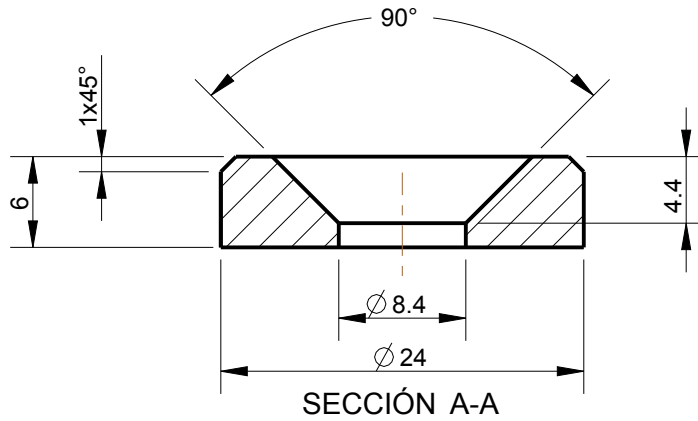
		400 - 1000	± 0.30
		120 - 400	± 0.20
16 h9	16 <sub>-0.043</sub>	30 - 120	± 0.15
		6 - 30	± 0.10
20 g6	20 <sub>-0.007/-0.020</sub>	0 - 6	± 0.05
		Tolerancia de ajuste	

23	1	015	Eje 1	UNE EN 10025:2006	S235 JRC+C	Diam. 30 x 245+
MARCA	CANT.	CODIGO	DEFINICION	NORMATIVA	CODIGO DEL MAT.	OBSERVACIONES

Simbolo ISO 		Diseñado	Alfonso Santos Aberturas	12 - May - 12
		Dibujado	Alfonso Santos Aberturas	01 - Jun - 12
		Aprobado	José Angel Peña García	15 - Jun - 12

Escala: 1:2	ROBOT DELTA 2	015	Hoja:
	EJE 1		1   1
File: AXEL1			

3.2

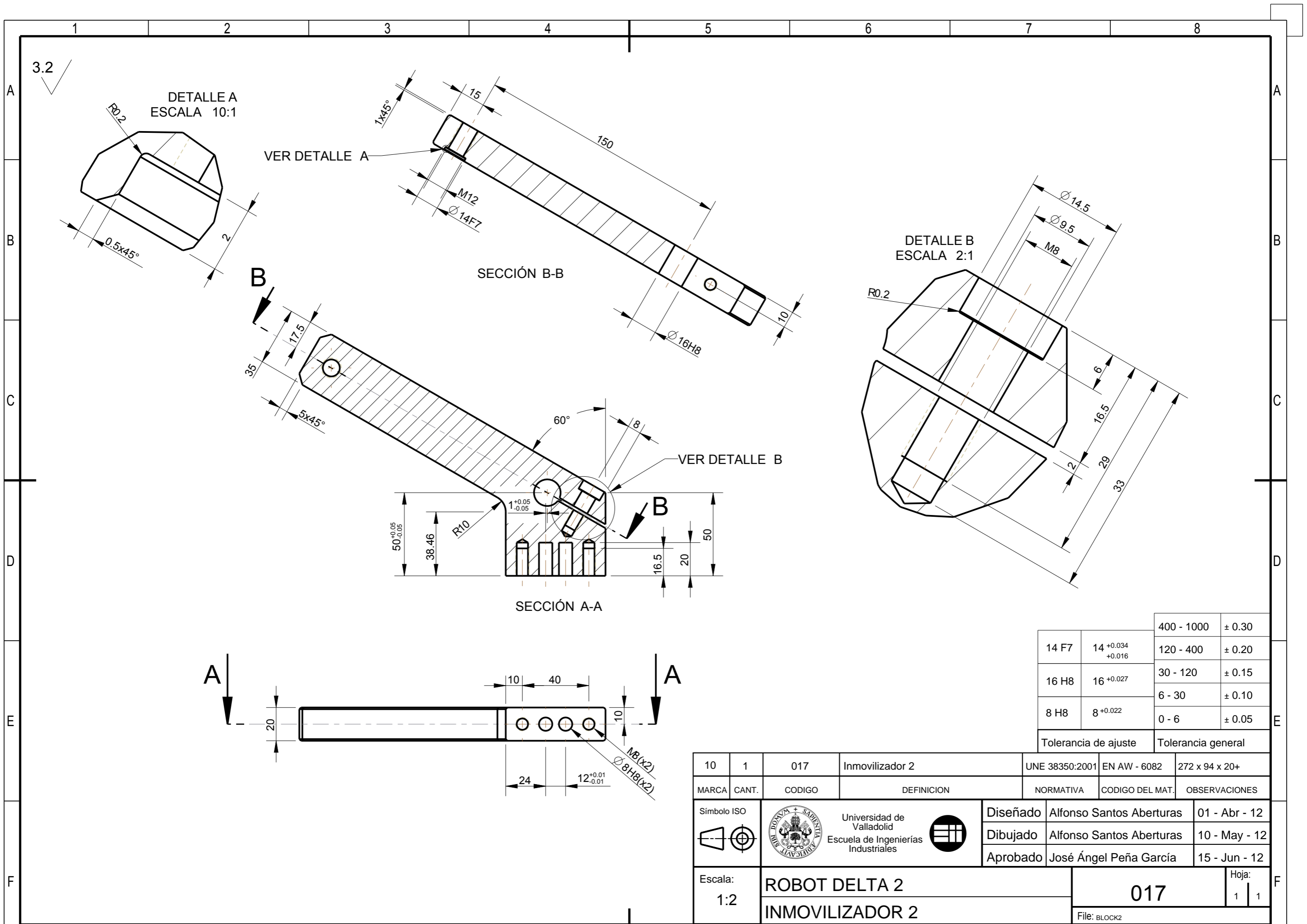


400 - 1000	± 0.30
120 - 400	± 0.20
30 - 120	± 0.15
6 - 30	± 0.10
0 - 6	± 0.05
Tolerancia general	

26	1	016	Tope triángulo	UNE EN 10025:2006	S235 JRC+C	Diam. 24 x 6+
MARCA	CANT.	CODIGO	DEFINICION	NORMATIVA	CODIGO DEL MAT.	OBSERVACIONES

Simbolo ISO 		Diseñado	Alfonso Santos Aberturas	25 - May - 12
		Dibujado	Alfonso Santos Aberturas	05 - Jun - 12
		Aprobado	José Angel Peña García	15 - Jun - 12

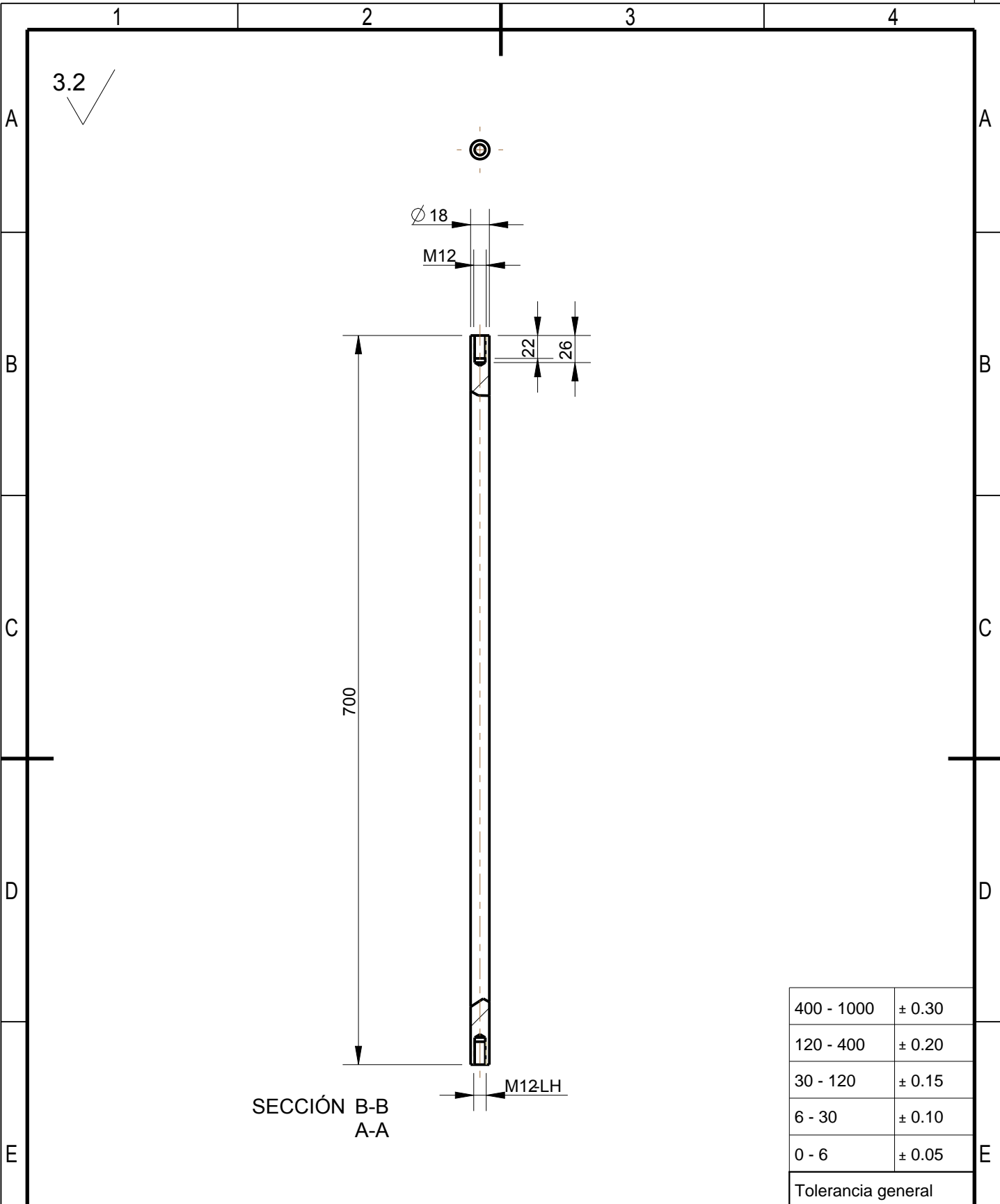
Escala: 2:1	ROBOT DELTA 2	016	Hoja:
	TOPE TRIANGULO		1   1
File: AXELBLOCK			



		400 - 1000	± 0.30
14 F7	14 <sup>+0.034</sup> / <sub>+0.016</sub>	120 - 400	± 0.20
16 H8	16 <sup>+0.027</sup>	30 - 120	± 0.15
		6 - 30	± 0.10
8 H8	8 <sup>+0.022</sup>	0 - 6	± 0.05
Tolerancia de ajuste		Tolerancia general	

10	1	017	Inmovilizador 2	UNE 38350:2001	EN AW - 6082	272 x 94 x 20+
MARCA	CANT.	CODIGO	DEFINICION	NORMATIVA	CODIGO DEL MAT.	OBSERVACIONES
			Universidad de Valladolid Escuela de Ingenierías Industriales		Diseñado Alfonso Santos Aberturas	01 - Abr - 12
					Dibujado Alfonso Santos Aberturas	10 - May - 12
					Aprobado José Ángel Peña García	15 - Jun - 12
Escala: 1:2	ROBOT DELTA 2 INMOVILIZADOR 2				017	Hoja: 1   1
File: BLOCK2						

3.2



400 - 1000	± 0.30
120 - 400	± 0.20
30 - 120	± 0.15
6 - 30	± 0.10
0 - 6	± 0.05
Tolerancia general	

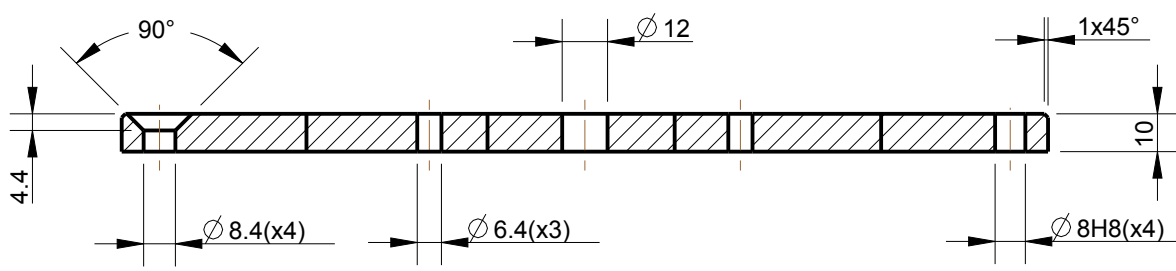
SECCIÓN B-B  
A-A

8	1	018	Tubo largo	UNE 38350:2001	EN AW - 6060	Diam. 18 x 700+
MARCA	CANT.	CODIGO	DEFINICION	NORMATIVA	CODIGO DEL MAT.	OBSERVACIONES

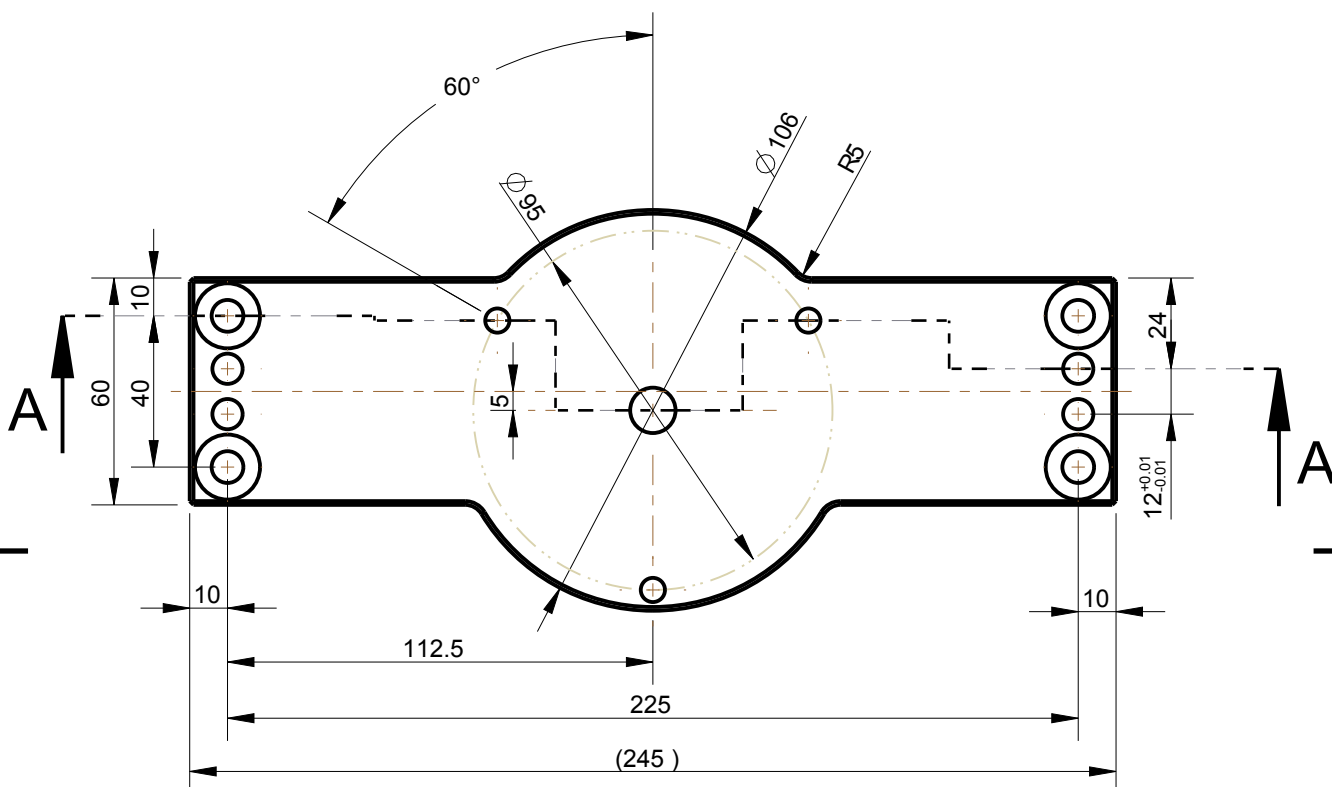
Simbolo ISO 	Universidad de Valladolid Escuela de Ingenierías Industriales	Diseñado	Alfonso Santos Aberturas	23 - Abr - 12
		Dibujado	Alfonso Santos Aberturas	02 - Jun - 12
		Aprobado	José Ángel Peña García	15 - Jun - 12

Escala: 1:5	ROBOT DELTA 2	018	Hoja:
	TUBO LARGO		1   1
File: LONGTUBE			

3.2



SECCIÓN A-A



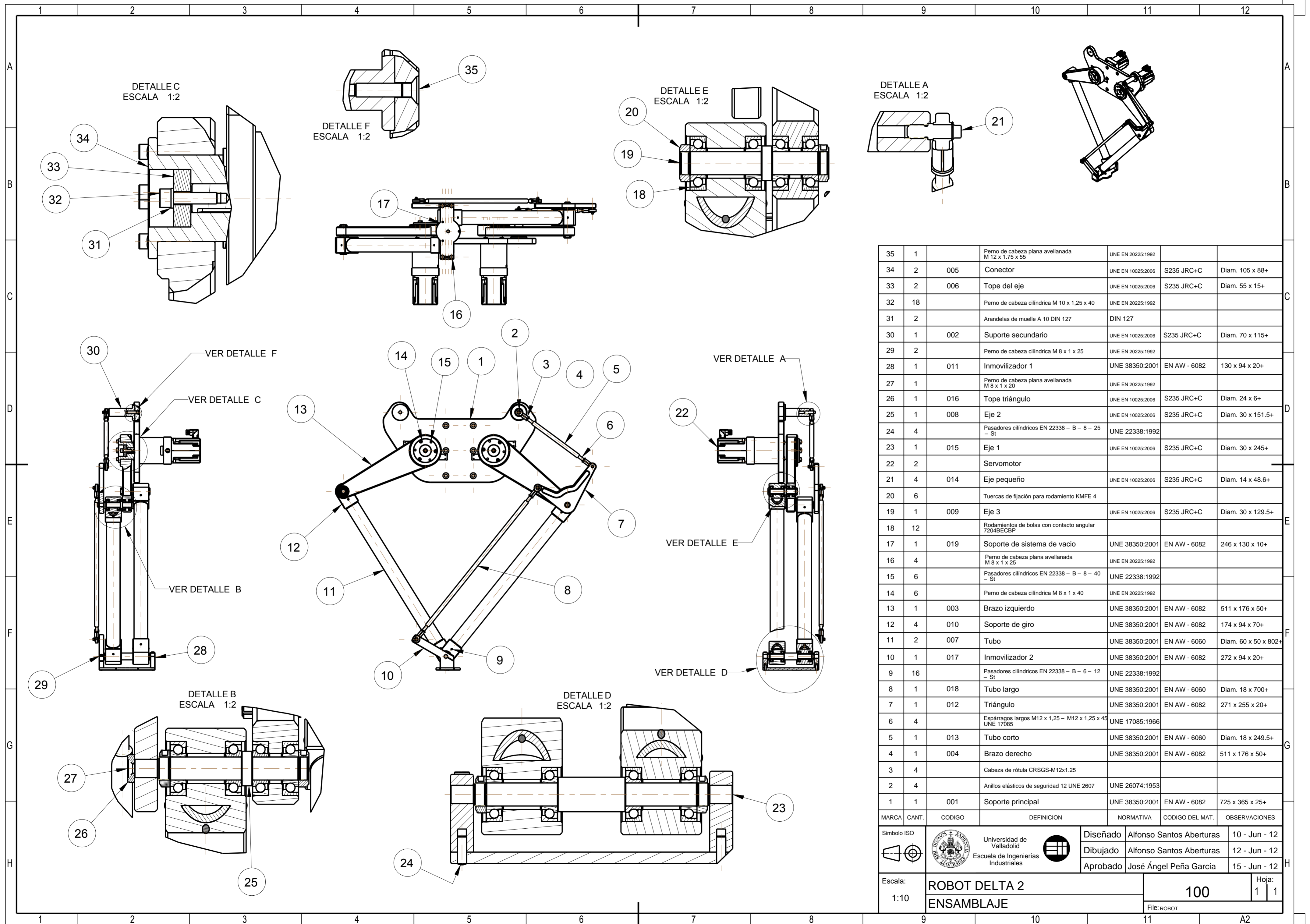
400 - 1000	± 0.30
120 - 400	± 0.20
30 - 120	± 0.15
6 - 30	± 0.10
0 - 6	± 0.05

8 H8	8 +0.022
Tolerancia de ajuste	
Tolerancia general	

19	1	017	Soporte de sistema de vacío	UNE 38350:2001	EN AW - 6082	246 x 130 x 10+
MARCA	CANT.	CODIGO	DEFINICION	NORMATIVA	CODIGO DEL MAT.	OBSERVACIONES

Simbolo ISO 	Universidad de Valladolid Escuela de Ingenierías Industriales	Diseñado Alfonso Santos Aberturas 12 - May - 12
		Dibujado Alfonso Santos Aberturas 21 - May - 12
		Aprobado José Ángel Peña García 15 - Jun - 12

Escala: 1:2	<b>ROBOT DELTA 2</b> <b>SOPORTE DE SISTEMA DE VACÍO</b>	<b>019</b>	Hoja: 1   1
		File: GRIPPERSUPPORT	



CANT.	CODIGO	DEFINICION	NORMATIVA	CODIGO DEL MAT.	OBSERVACIONES
1	001	Soporte principal	UNE 38350:2001	EN AW - 6082	725 x 365 x 25+
2	4	Anillos elásticos de seguridad 12 UNE 2607	UNE 26074:1953		
3	4	Cabeza de rótula CRSGS-M12x1,25			
4	1	004 Brazo derecho	UNE 38350:2001	EN AW - 6082	511 x 176 x 50+
5	1	013 Tubo corto	UNE 38350:2001	EN AW - 6060	Diam. 18 x 249.5+
6	4	Espárragos largos M12 x 1,25 - M12 x 1,25 x 45 UNE 17085	UNE 17085:1966		
7	1	012 Triángulo	UNE 38350:2001	EN AW - 6082	271 x 255 x 20+
8	1	018 Tubo largo	UNE 38350:2001	EN AW - 6060	Diam. 18 x 700+
9	16	Pasadores cilíndricos EN 22338 - B - 6 - 12 - St	UNE 22338:1992		
10	1	017 Inmovilizador 2	UNE 38350:2001	EN AW - 6082	272 x 94 x 20+
11	2	007 Tubo	UNE 38350:2001	EN AW - 6060	Diam. 60 x 50 x 802+
12	4	010 Soporte de giro	UNE 38350:2001	EN AW - 6082	174 x 94 x 70+
13	1	003 Brazo izquierdo	UNE 38350:2001	EN AW - 6082	511 x 176 x 50+
14	6	Perno de cabeza cilíndrica M 8 x 1 x 40	UNE EN 20225:1992		
15	6	Pasadores cilíndricos EN 22338 - B - 8 - 40 - St	UNE 22338:1992		
16	4	Perno de cabeza plana avellanada M 8 x 1 x 25	UNE EN 20225:1992		
17	1	019 Soporte de sistema de vacío	UNE 38350:2001	EN AW - 6082	246 x 130 x 10+
18	12	Rodamientos de bolas con contacto angular 7204BECBP			
19	1	009 Eje 3	UNE EN 10025:2006	S235 JRC+C	Diam. 30 x 129.5+
20	6	Tuercas de fijación para rodamiento KMFE 4			
21	4	014 Eje pequeño	UNE EN 10025:2006	S235 JRC+C	Diam. 14 x 48.6+
22	2	Servomotor			
23	1	015 Eje 1	UNE EN 10025:2006	S235 JRC+C	Diam. 30 x 245+
24	4	Pasadores cilíndricos EN 22338 - B - 8 - 25 - St	UNE 22338:1992		
25	1	008 Eje 2	UNE EN 10025:2006	S235 JRC+C	Diam. 30 x 151.5+
26	1	016 Tope triángulo	UNE EN 10025:2006	S235 JRC+C	Diam. 24 x 6+
27	1	Perno de cabeza plana avellanada M 8 x 1 x 20	UNE EN 20225:1992		
28	1	011 Inmovilizador 1	UNE 38350:2001	EN AW - 6082	130 x 94 x 20+
29	2	Perno de cabeza cilíndrica M 8 x 1 x 25	UNE EN 20225:1992		
30	1	002 Soporte secundario	UNE EN 10025:2006	S235 JRC+C	Diam. 70 x 115+
31	2	Arandelas de muelle A 10 DIN 127	DIN 127		
32	18	Perno de cabeza cilíndrica M 10 x 1,25 x 40	UNE EN 20225:1992		
33	2	006 Tope del eje	UNE EN 10025:2006	S235 JRC+C	Diam. 55 x 15+
34	2	005 Conector	UNE EN 10025:2006	S235 JRC+C	Diam. 105 x 88+
35	1	Perno de cabeza plana avellanada M 12 x 1.75 x 55	UNE EN 20225:1992		

Simbolo ISO: 
 Escala: 1:10

MARCA: 
 Diseñado: Alfonso Santos Aberturas (10 - Jun - 12)  
 Dibujado: Alfonso Santos Aberturas (12 - Jun - 12)  
 Aprobado: José Ángel Peña García (15 - Jun - 12)

**ROBOT DELTA 2**  
**ENSAMBLAJE**

Hoja: 1 / 1  
 File: ROBOT