



Universidad
Carlos III de Madrid

Departamento de Ingeniería de sistemas y automática

PROYECTO FIN DE CARRERA
ING. TÉCNICA INDUSTRIAL MECÁNICA

DISEÑO DEL SISTEMA DE ANCLAJE DEL ROBOT ASIBOT

Autor: Jorge Casado Jiménez

Tutor: Alberto Jardón Huete

Leganés, Noviembre de 2011

Título: Diseño del sistema de anclaje del robot ASIBOT

Autor: Jorge Casado Jiménez

Director: Alberto Jardón Huete

EL TRIBUNAL

Presidente: _____

Vocal: _____

Secretario: _____

Realizado el acto de defensa y lectura del Proyecto Fin de Carrera el día __ de _____ de 20__ en Leganés, en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Carlos III de Madrid, acuerda otorgarle la CALIFICACIÓN de

VOCAL

SECRETARIO

PRESIDENTE

RESUMEN

El robot ASIBOT ha sido diseñado para asistir tanto a personas discapacitadas como a personas ancianas, planteando un producto que puede llegar a todos. Para ello se elaboró un robot que fuese potencialmente económico, modular, de asistencia portátil, capaz de poder integrarse en un entorno adaptado y satisfacer las necesidades de un amplio espectro de personas con movilidad reducida.

Surge la necesidad de ir un paso más allá en el diseño de nuestro robot, con el fin de conseguir cada vez diseños más eficientes. Este proyecto propone mejorar el sistema de anclaje de dicho robot, basándose en la versión anterior, manteniendo la geometría del anclaje, masas, funcionalidad y economía del producto. Se plantea un diseño que a diferencia del anterior, deberá funcionar de forma pasiva.

El diseño definitivo ha resuelto las expectativas. Se ha conseguido realizar una fijación que mediante los movimientos del robot se ancle y desacle, su fabricación sea posible y pueda ser incorporado en versiones posteriores de nuestro robot.

Palabras clave: Asibot, Docking Station, robot asistencial, robot escalador, fijaciones pasivas, fijaciones rápidas.

ABSTRACT

The ASIBOT robot has been designed to assist both disabled and elderly people, as a product that can be useful for everyone. To achieve this goal, a robot was designed that would be potentially economical, modular, and provide portable assistance, and that could be integrated into an adapted environment to meet the needs of a wide range of people with reduced mobility.

The need to go one step further in the design of our robot has arisen, however, in order to achieve even more efficient models. This project has aimed to improve the robot's docking system, based on the previous version while maintaining geometry of the docking station, masses, functionality and economy of the product. A new design has been proposed and conceived that, unlike the previous one, will be able to function passively.

The final design has met our expectations. A docking station has been built by which the robot anchors and disengages itself through its own movements. Moreover, this system can be manufactured and incorporated into future versions of our robot.

Keywords: Asibot, Docking Station, assistive robot, climber robot, passive fixation, fast fixation.

ÍNDICE GENERAL

1.- INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.- Descripción del robot ASIBOT.....	1
1.1.1-Sistema de anclaje	3
1.2.- Motivación del proyecto	5
1.3.- Objetivos del proyecto	6
2.- ESTADO DEL ARTE. FIJACIONES RÁPIDAS	7
2.1.- Conexión de bayoneta	7
2.2.- Fijación por pasador	8
2.3.- Fijaciones en máquinas de mecanizado	9
2.4.- Fijaciones por vacío	11
2.5.- Fijaciones rápidas en neumática.....	13
2.6.- Fijaciones hidráulicas.....	14
2.7.- Fijaciones rápidas de uso cotidiano.....	15
2.8.- Fijaciones en robótica	17
3.- ANÁLISIS DE ESPECIFICACIONES	23
3.1.- ¿Cómo ha de ser el nuevo anclaje?	23
3.2.- ¿Qué debe incorporar para funcionar de forma pasiva?.....	24
3.3.- Consideraciones de seguridad	26
3.4.- Resumen de especificaciones	26
4.- ANCLAJE VERTICAL	29
4.1.- Funcionamiento.....	29
4.1.1.- Fase de Acoplamiento.	29
4.1.2.- Fase de Desacoplamiento.	31
4.2.- Distintos casos estudiados.....	33
4.2.1.- Muelle a tracción.....	33
4.2.2.- Pestaña en el macho y muelle a compresión	34
4.2.3.- Pestaña en la hembra.....	34
4.3.- Cálculos justificativos	35
4.3.1.- Fuerzas en la hembra.....	35
4.3.2.- Fuerzas en la pestaña.....	36
4.4.- Estudio en tres dimensiones. Fase conceptual.	37
4.4.1.- Anclaje con las pestañas en el macho	37
4.4.2.- Anclaje con las pestañas en la hembra.	40
4.5.- Conclusión.....	42
5.- ANCLAJE EN GIRO	43
5.1.- Introducción	43
5.2.- Diseño	44
5.2.1.- Fase conceptual	44
5.2.2.- Diseño definitivo	47

5.3.- Cálculos justificativos	49
5.3.1.- Dimensionado de la pestaña	49
5.3.2.- Sistemas para sustituir al resorte	53
5.3.3.- Dimensionado del resorte	65
5.3.4.- Estudio de resistencia de la pestaña y corredera	67
5.3.5.- Cálculo en una frenada de emergencia	74
5.3.6.- Par necesario para desacoplar el macho	78
5.3.7.- Uniones en el macho	82
5.3.8.- Uniones en la hembra	88
6.- FABRICACIÓN Y MONTAJE	91
6.1.- Fabricación	91
6.1.1.- Correderas	91
6.1.2.- Soporte	92
6.1.3.- Pestaña	93
6.1.4.- Tapa	93
6.1.5.- Macho	94
6.1.6.- Hembra	95
6.1.7.- Tabla de masas	97
6.2.- Montaje	97
6.2.1.- Montaje del macho	97
6.2.2.- Montaje de la hembra	99
7.- CONCLUSIONES	101
7.1.- Análisis crítico	101
7.2.- Trabajos futuros	102
8.- BIBLIOGRAFÍA	103
8.1.- Páginas de Internet	103
8.2.- Apuntes y libros	104
9.- ANEXOS	107
Apéndice 1.- Planos	107
Apéndice 2.- Presupuesto	119
Apéndice 3.- Tablas de ángulos de la pestaña	121
Apéndice 4.- Propiedades de los materiales	127

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1.1. Cadena cinemática del robot ASIBOT.....	1
Figura 1.2. Elementos de anclaje.....	3
Figura 1.3. Docking Station.....	4
Figura 1.4. Cono	4
Figura 2.1. Conexión por bayoneta	8
Figura 2.2. Tipos de pasadores	8
Figura 2.3. Horquillas.....	9
Figura 2.4. Anclaje de tres puntos de un torno.....	10
Figura 2.5. Anclaje de una fresadora.....	10
Figura 2.6. Tipos de acoplamientos para fresadoras	11
Figura 2.7. Planos aspirantes	12
Figura 2.8. Garras de vacío.....	12
Figura 2.9. Uniones en neumática	13
Figura 2.10. Plano de un acoplamiento en neumática	13
Figura 2.11. Explosionado de un acoplamiento en neumática	14
Figura 2.12. Acoplamiento Hidráulico	14
Figura 2.13. Broche	15
Figura 2.14. Broches y resbalones.....	15
Figura 2.15. Arnese y mosquetones	16
Figura 2.16. Cinturones de seguridad.....	16
Figura 2.17. Anclaje por tirador	16
Figura 2.18. Unión neumática en robótica	17
Figura 2.19. Configuración del robot Polypod.....	18
Figura 2.20. Los dos módulos de Polypod.	18
Figura 2.21. Módulo y robot Polibot montando en un triciclo.....	19
Figura 2.22. Robots ATRON, Telecube y M-TRAN	19
Figura 2.23. Módulo básico.....	20
Figura 2.24. Dos módulos básicos rotando	20
Figura 2.25. La mecánica interna de un módulo básico	21
Figura 2.26. Modelos geométricos de acoplamiento.....	22
Figura 2.27. Proceso de transformación y de acoplamiento	22
Figura 3.1. Anclaje antiguo. Docking station	23
Figura 3.2. Corte a la Docking station.....	24
Figura 3.3. Anclaje en la Docking station	25
Figura 4.1. Posición Inicial.....	29
Figura 4.2. Compresión de la pestaña de inmovilización.....	30
Figura 4.3. Posición Final.....	30
Figura 4.4. Pestaña replegada.....	31
Figura 4.5. Anclaje. Vista 3D.....	32
Figura 4.6. Pestaña desacoplada.....	32
Figura 4.7. Pestaña en forma de L	33
Figura 4.8. Muelle alineado con la pestaña	34
Figura 4.9. Pestaña en la hembra.....	34
Figura 4.10. Distribución de fuerzas	35
Figura 4.11. Fuerzas en la pestaña.....	36
Figura 4.12. Puntos de anclaje en la hembra	37
Figura 4.13. Orificios de salida de las pestañas en el macho.	38
Figura 4.14. Macho. Ubicación de pestañas y resortes	38

Figura 4.15. Pestaña	39
Figura 4.16. Conjunto Tapa y Pestaña.....	39
Figura 4.17. Conjunto.....	39
Figura 4.18. Hembra con las pestañas	40
Figura 4.19. Macho.....	40
Figura 4.20. Conjunto con pestañas en la hembra.....	41
Figura 4.21 Conjunto. Sección	41
Figura 4.22. Fuerzas en el anclaje vertical	42
Figura 5.1. Acoplamiento con giro.....	43
Figura 5.2. Acoplamiento en giro. Sección	43
Figura 5.3. Macho. Giro	44
Figura 5.4. Hembra. Giro	45
Figura 5.5. Hembra con alojamiento	45
Figura 5.6. Conjunto. Giro	46
Figura 5.7. Acoplamiento en giro.....	46
Figura 5.8. Conjunto soporte	47
Figura 5.9. Corte macho con soporte.....	48
Figura 5.10. Explosionado hembra.....	48
Figura 5.11. Fuerzas exteriores	49
Figura 5.12. Fuerzas actuantes	51
Figura 5.13. Ángulo de la pestaña en función de la fuerza del muelle.....	53
Figura 5.14. Ubicación de una chapa en voladizo.....	54
Figura 5.15. Esquema del voladizo	54
Figura 5.16. Momentos flectores. Voladizo	55
Figura 5.17. Resistencia del voladizo.....	56
Figura 5.18. Sección. Voladizo	57
Figura 5.19. Longitud frente a resistencia de una chapa en voladizo.....	57
Figura 5.20. Sección 3D viga biempotrada	58
Figura 5.21. Viga biempotrada.....	58
Figura 5.22. Descomposición. Viga biempotrada	59
Figura 5.23. Momentos flectores. Viga biempotrada.....	60
Figura 5.24. Diagrama de momentos flectores. Viga biempotrada.....	60
Figura 5.25. Resistencia viga biempotrada.....	61
Figura 5.26. Longitud frente a resistencia. Viga biempotrada	62
Figura 5.27. Sección 3D viga biapoyada.....	62
Figura 5.28. Viga biapoyada	63
Figura 5.29. Fuerzas viga biapoyada	63
Figura 5.30. Sección viga biapoyada.....	64
Figura 5.31. Longitud en función de la resistencia. Viga biapoyada	65
Figura 5.32. Dimensiones de la pestaña	67
Figura 5.33. Dimensiones pestaña. Estudio previo	68
Figura 5.34. Condiciones de contorno.....	69
Figura 5.35. Tensiones en pestaña.....	69
Figura 5.36. Condiciones de contorno. Peso ASIBOT.....	70
Figura 5.37. Tensiones máximas	71
Figura 5.38. Tensiones máximas. Estudio definitivo	72
Figura 5.39. Tensiones debidas al resorte	72
Figura 5.40. Tensiones en la corredera.....	73
Figura 5.41. Tensiones en la corredera. Frontal	73
Figura 5.42. Fuerzas de inercia.....	74

Figura 5.43. Configuración rotura pestaña	76
Figura 5.44. Esquema de fuerzas. Frenazo brusco	77
Figura 5.45. Tensiones pestaña. Frenazo brusco	77
Figura 5.46. Par motor necesario.....	78
Figura 5.47. Caso más desfavorable.....	79
Figura 5.48. Diseño anclaje ASIBOT 2.....	81
Figura 5.49. Roscado del soporte	86
Figura 5.50. Roscado en la corredera	86
Figura 5.51. Roscado de la tapa.....	87
Figura 5.52. Disposición de los agujeros en el macho	87
Figura 5.53. Disposición de los taladros en la tapa superior	90
Figura 5.54. Disposición de los taladros pasantes en la tapa intermedia.....	90
Figura 5.55. Disposición de los roscados en el chasis.....	90
Figura 6.1. Sección conjunto montado	91
Figura 6.2. Corredera mecanizada.....	92
Figura 6.3. Soporte mecanizado	93
Figura 6.4. Pestaña mecanizada.....	93
Figura 6.5. Tapa mecanizada.....	94
Figura 6.6. Macho.....	94
Figura 6.7. Chasis	95
Figura 6.8. Tapa intermedia.....	96
Figura 6.9. Tapa superior.....	96
Figura 6.10. Montaje del soporte.....	97
Figura 6.11. Montaje del soporte en el macho	98
Figura 6.12. Montaje de las pestañas y resortes	98
Figura 6.13. Montaje de la hembra.....	99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 5.1. Coeficientes de rozamiento	52
Tabla 5.2. Características del resorte.....	66
Tabla 5.3. Tornillos corredera-soporte	83
Tabla 5.4. Tornillos corredera-tapa	84
Tabla 5.5. Tornillos soporte-macho.....	84
Tabla 5.6. Pesos en el macho.....	85
Tabla 5.7. Tornillos en la hembra.....	88
Tabla 6.1. Características de la corredera.....	92
Tabla 6.2. Características de soporte	92
Tabla 6.3. Características de la pestaña.....	93
Tabla 6.4. Características de la tapa	93
Tabla 6.5. Características del macho	94
Tabla 6.6. Características del chasis.....	95
Tabla 6.7. Características de la tapa intermedia	95
Tabla 6.8. Características de la tapa superior	96
Tabla 6.9. Masas	97

1.- INTRODUCCIÓN

1.1.- Descripción del robot ASIBOT

Hasta ahora la tecnología usada en los hogares se ha caracterizado por basarse en elementos estáticos, es decir, electrodomésticos tradicionales tales como lavavajillas, lavadoras, hornos etc., fijos en un determinado lugar del entorno durante todo el periodo de funcionamiento, realizando siempre la misma tarea. En el Dpto. de ingeniería de sistemas y automática de la Universidad Carlos III, el grupo de investigación Roboticslab [1] ha desarrollado el robot asistencial ASIBOT. Con el robot ASIBOT se intenta introducir un nuevo concepto de “electrodomésticos móviles” en las viviendas, que puede moverse a través de conectores mecánicos (Docking stations, DS) situados en cualquier punto de la casa, desarrollando diferentes tareas cotidianas de asistencias a personas discapacitadas, como ayuda a comer, beber, aseo personal, manipulación de objetos etc. Este robot tiene por tanto como objetivo facilitar las condiciones de vida de personas mayores y discapacitadas, ya sea en entornos domésticos o laborales [18].

La característica fundamental que debe asegurar un robot asistencial es que posibilite al usuario obtener capacidades aumentadas, gracias a la utilización del sistema sensorial (que cubrirá las deficiencias perceptivas del usuario) y al sistema locomotor que ejecutará las acciones deseadas sobre el entorno, (cubriendo así sus deficiencias motoras). Si todo este sistema se puede desplazar allá donde vaya el usuario, se puede considerar que el sistema es portátil. Para que se pueda desplazar el robot tendrá su propio sistema locomotor o usará el medio de locomoción del usuario, generalmente la silla de ruedas.

El robot ASIBOT presenta una configuración cinemática abierta de 5GDL simétrica, ya que tiene la posibilidad de anclarse por ambos extremos. Cada extremo tiene un mecanismo de anclaje para conectarse a la pared o a una silla de ruedas. La estructura es de aluminio en las articulaciones y los eslabones de fibra de carbono.

De esta forma el robot es completamente autónomo, salvo la conexión externa para su alimentación, que la toma del conector eléctrico ubicado en el centro del centro del anclaje mecánico (DS). La cadena cinemática abierta y los sentidos de giro del robot se pueden apreciar en la figura 1.1.

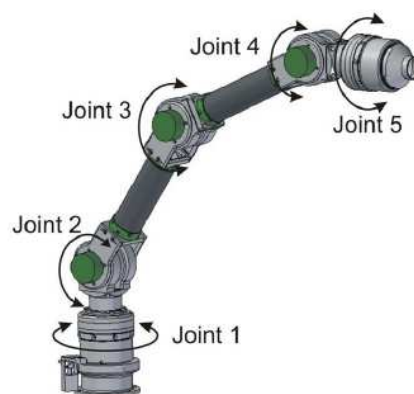


Figura 1.1. Cadena cinemática del robot ASIBOT.

El robot ASIBOT utiliza el extremo libre para anclarse en un conector libre (Docking station), y así poder soltar el extremo anteriormente anclado, de este modo quedaría sujeto por este nuevo extremo dejando el anterior para manipular. Así sucesivamente el robot se desplazaría por el entorno. Una vez llegado al lugar de destino, el robot puede realizar la tarea debido a que uno de sus extremos permanece anclado a la docking station y el otro extremo permanece libre para realizar la tarea. Gracias a que el robot es simétrico, cualquiera de sus extremos puede realizar la tarea encomendada. Solo basta con diferenciar vía software los extremos e identificar el extremo anclado al comienzo del funcionamiento del brazo robot.

Las tareas encomendadas pueden realizarse por medio del uso de unas pinzas retráctiles colocadas en los extremos del robot o por el uso de un adaptador con una herramienta específica.

Los conectores pueden ser instalados fijos en la pared o bien sobre un rail móvil con el objetivo de ampliar el rango de acción del manipulador. Para que el sistema ASIBOT sea totalmente operativo en un entorno, se precisa cierta adaptación consistente en la instalación de conectores de anclajes en determinados lugares de paso y trabajo, haciendo posible la transición de un lugar a otro de la casa o desde la pared a una silla de ruedas o viceversa. Este alto grado de flexibilidad tiene una gran implicación en el cuidado de personas discapacitadas o ancianos con problemas de movilidad en las extremidades superiores. Los conectores permitirán al robot desplazarse de un lugar de trabajo a otro de forma autónoma siguiendo directivas de movimientos programados según las necesidades de cada usuario [15]. Se concibieron tres clases de anclajes o DS:

- 1.- Fijos a la pared, techo, suelo, muebles u otros lugares de la casa donde sean necesarios para la tarea que vayan a desempeñar tales como colocar platos en la mesa o ayudar a comer a una persona.
- 2.- Anclajes móviles sobre un rail, permiten al robot desplazarse distancias largas a mayor velocidad.
- 3.- Habrá un anclaje especial en un lugar de la casa para permitir la transición del robot desde la silla de ruedas a la red de anclajes fijos y viceversa. Una vez transferido al hogar, el robot se trasladará por el entorno autónomamente usando dicha red de conectores instalados.

El robot ASIBOT debido a su funcionalidad se podría clasificar como

- 1.- Escalador. El robot ASIBOT puede enmarcarse dentro del tipo de robots escaladores. Esto significa que es capaz de desplazarse en las tres dimensiones del espacio. Estos desplazamientos los realiza anclándose y desanclándose sucesivamente a unos dispositivos instalados en su entorno denominados docking stations.
- 2.- Robot asistencial. El concepto y desarrollo del robot ASIBOT está orientado a la ayuda de personas con dificultades para valerse por sí mismas. Esto implica que el diseño del brazo robot y su funcionamiento está determinados por el tipo de tareas a realizar, es decir, debe adecuarse al trabajo con este tipo de personas.

3.- Manipulador. El robot puede manipular objetos gracias a la posibilidad de conservar uno de sus extremos libre y a la integración de un sistema de agarre mediante unas pinzas.

1.1.1-Sistema de anclaje [17].

El robot ASIBOT recibe la potencia eléctrica necesaria para su funcionamiento de una fuente de alimentación externa cuando se encuentra anclado en la docking station. Existen dos partes diferenciadas que intervienen en el sistema de anclaje del robot:

- 1) Los conectores de anclaje o docking stations.
- 2) El cono del extremo del robot.

En la figura 1.2 pueden observarse ambos elementos y su disposición en el robot y en el punto de anclaje.

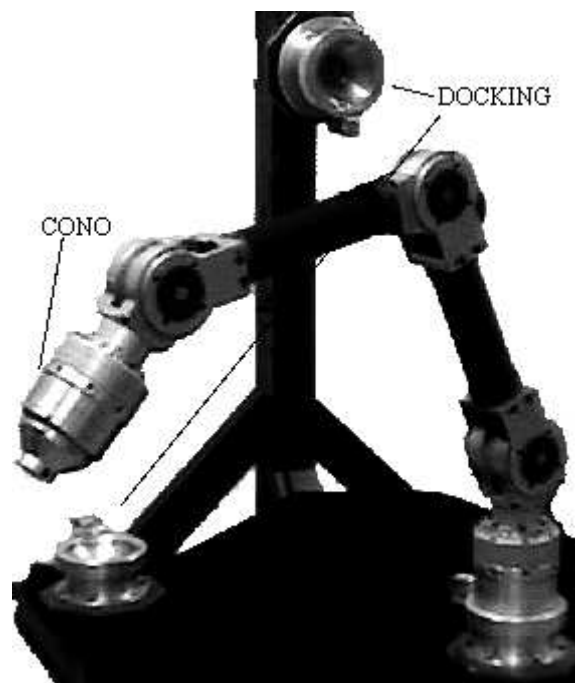


Figura 1.2. Elementos de anclaje.

Docking station.

Las docking stations son estructuras de aluminio que se encuentran distribuidos a lo largo del espacio de trabajo del robot (Figura 1.3). Cumplen dos misiones principales:

- 1) Soporte. El robot se ancla por un extremo y conserva el otro libre para poder efectuar las operaciones que tenga programadas, usando los dedos retráctiles de sus garras o cogiendo herramientas de un intercambiador especial.
- 2) Interfaz. El robot toma la energía que utiliza a través de la docking station, e intercambia con ésta una serie de señales para comandar desde el propio robot dispositivos, como los solenoides para asegurar el anclaje.

Estos soportes están distribuidos de forma que el robot, estando anclado a una docking station por uno de sus extremos, pueda desplazarse por este espacio anclando su extremo libre en una docking station próxima y liberando el extremo que permanecía anclado. El proceso de anclaje es muy delicado ya que una mala entrada del cono en el anclaje puede provocar su bloqueo, generando grandes tensiones mecánicas en la estructura del robot y un aumento brusco del consumo de corriente eléctrica.



Figura 1.3. Docking Station

Cada una de las docking station está provista de un solenoide con un vástago retráctil que se introduce en un agujero que posee el cono y que sirve para bloquear al robot una vez anclado y evitar desanclados accidentales. La señal que activa o desactiva el solenoide es controlada por el propio robot y transmitida a la docking station a través del cono.

Cono.

El robot posee en cada uno de sus extremos una pieza en forma de cono que encaja en el hueco que poseen las docking stations, es decir, el cono es el macho y la docking station es la hembra.

El anclaje se consigue mediante un sistema de tres bayonetas y la actuación del solenoide en la docking station. En la parte extrema del cono se han dispuesto los contactos eléctricos que transmiten la alimentación y la señal de activación del solenoide. Puede observarse el cono en la figura 1.4.



Figura 1.4. Cono.

1.2.- Motivación del proyecto.

Surge en la versión anterior del anclaje rápido del ASIBOT, la necesidad de ir un paso más allá en el diseño de nuestra Docking station, de utilizar un dispositivo diferente con el fin de mejorar el sistema, corrigiendo algunos fallos que pudiera tener en su desarrollo e implementando nuevas especificaciones en su funcionamiento. Para ello se hizo un estudio detallado de anclajes rápidos que existen en el mercado. Estas fijaciones rápidas se han desarrollado en diferentes industrias y surgen de la necesidad de solucionar problemas concretos dependiendo del campo en el que se trabaje provocando una gran variedad de diseños distintos.

La elección de un dispositivo adecuado para cada fijación depende del campo en el que nos encontremos, pues no es lo mismo una fijación en neumática que una herramienta de mecanizado, de cómo queremos que trabaje dicha unión, esfuerzos que deba soportar, nivel de automatización que nuestra unión deba tener, etc.

En nuestro robot ASIBOT el anclaje reúne características que hacen que sea una de las partes más importantes, debido no solo a que es el encargado de unir la parte móvil del robot con la parte fija, sino también, porque es aquella que debe transmitir los esfuerzos del robot y debe de ser capaz de transmitir la energía necesaria para el funcionamiento de los distintos dispositivos internos de los que dispone el robot. A todo esto debemos añadir que nuestro anclaje debe tener unas medidas determinadas y unos pesos lo menores posibles. Introduciremos una nueva condición a nuestra fijación que es la que funcione de forma pasiva, esto es, sin ninguna ayuda externa al acoplamiento o desacoplamiento de nuestro anclaje, ni necesite aporte de energía mientras esté anclado, haciendo que las características de diseño de nuestro anclaje sea especialmente delicado.

Existen para ello distintos tipo de fijaciones que permiten un acoplamiento rápido entre dos piezas, o que permiten a una máquina poder intercambiar herramientas rápidamente. Algunas de estas fijaciones son por ejemplo, las utilizadas en las máquinas de control numérico como son fresadoras o tornos, las cuales tienen que cambiar de herramienta constantemente, o en robótica donde cada vez se intenta que los nuevos robots sean más multifuncionales y simplemente cambiando la herramienta puedan desarrollar un determinado trabajo u otro. Mientras, las uniones pasivas en industria son o casi siempre permanentes, como puedan ser remaches o soldaduras, o aquellas que no podemos considerar fijaciones rápidas, como son las uniones con tornillos.

La motivación de este estudio se centra en la modificación del sistema de anclaje del robot ASIBOT, es decir, la Docking station, de tal manera que consigamos que nuestro sistema siga manteniendo las propiedades del diseño anterior (peso, geometría, funcionalidad), siga siendo un anclaje rápido, pero que funcione de forma pasiva, sustituyendo el sistema actual, que funciona a través de un pasador que por medio de un solenoide une el macho y la hembra, por otro que no necesite ningún tipo de accionador para su funcionamiento.

1.3.- Objetivos del proyecto

El objetivo principal es mejorar el dispositivo de anclaje rápido del ASIBOT, empleando un sistema autónomo, que no precisase de un sistema auxiliar para su acoplamiento o desacoplamiento, para ello deberá hacer uso de los motores internos de los que ya dispone el ASIBOT, dicho anclaje deberá impedir todos los movimientos tanto de traslación como de rotación en el anclaje. El modelo anterior necesitaba ayuda de un solenoide externo que utilizaba un pasador, el cual atravesaba el macho y la hembra consiguiendo unir ambos, para que trabajasen de forma solidaria.

Para ello deberá ser posible la fabricación del sistema de anclaje rápido diseñado, esto es, deberá ser posible su mecanizado, su montaje, tendrá que funcionar correctamente y ser viable desde el punto de vista económico.

Otros objetivos secundarios que se persiguen son:

- El anclaje deberá ser lo menos pesado posible sobre todo en el macho pues forma esta integrado en la parte móvil del robot, para ello utilizaremos materiales ligeros y con buenas propiedades mecánicas.
- Siempre que sea posible se intentará no tener que modificar la geometría y dimensiones del macho y de la hembra de las versiones anteriores, con el fin de mantener sus propiedades y sus tolerancias, y de aprovecharnos de los diseños anteriores, solo modificando lo necesario para incorporar nuestro sistema de anclaje al macho y la hembra, intentando si se pudiera reutilizando alguno de ellos. Hay que recordar que nos basamos en un mecanismo que funciona correctamente y solo necesitamos modificar el sistema de acoplamiento para que este funcione de forma autónoma
- Tendrá que ser robusto, estable y fiable, no desacoplándose por una pérdida de electricidad, tanto en el movimiento del robot, que supondría que los frenos de los motores actuasen decelerando el sistema bruscamente, como una pérdida de electricidad cuando se está anclando o desanclando el robot, el cual se tenderá que mantenerse sin desarmarse, esto se conseguirá mediante un anclaje que no necesite aporte de energía mientras se encuentre anclado.
- El anclaje deberá ser lo más sencillo posible, intentando minimizar el número de piezas que intervienen en el proceso de acoplamiento y desacoplamiento, con el fin de abaratar costes, de minimizar el riesgo de fallo en el funcionamiento de una pieza y consiguiendo una mayor facilidad de diseño.
- Debemos diseñarlo de manera que el mantenimiento del mecanismo del acoplamiento sea el menor posible, y que las piezas que estén expuestas a desgaste sean aquellas de menor coste, con el fin de abaratar los recambios.
- El coste de producción de nuestras Docking stations deberá ser lo mas reducido posible, pues se diseña para un producto de los cuales se fabricarán diversas unidades

2.- ESTADO DEL ARTE. FIJACIONES RÁPIDAS

El nuevo sistema de anclaje, se puede clasificar como anclaje rápido, esto es, reúne varias piezas de manera solidaria y forman con ellas una misma pieza, pero que permiten, en todo momento, la separación de las piezas unidas, mediante una maniobra fácil que no deteriora los elementos. También podremos considerarla como un anclaje pasivo, pues el anclaje no necesitará de ayuda de ningún actuador, ni en el acoplamiento, ni en el desacoplamiento, ni mientras esta anclado, esto lo hará únicamente mediante los movimientos que puede realizar el robot, gracias a los motores internos de los que dispone, por lo tanto el robot se anclará y desanclará de forma autónoma.

En la versión anterior nos encontramos con un anclaje rápido pues permitía liberar las piezas mediante una maniobra sencilla pero necesitaba la intervención de un actuador, en este caso un solenoide, para poder llevar a cabo tanto el acoplamiento como el desacoplamiento, no considerándolo un anclaje que actuase de forma pasiva.

En este apartado se va a hacer un breve repaso al estado del arte de las fijaciones del tipo rápidas, con el fin de poder hacer un estudio de los diversos mecanismos que nos podemos encontrar en el mercado, para comprobar si alguno se puede adaptar a nuestro robot de manera que funcione de forma pasiva o bien para recopilar nuevas ideas a la hora de desarrollar nuestro nuevo mecanismo.

Las fijaciones rápidas nos rodean en usos cotidianos, desde que nos levantamos hasta que nos acostamos (puertas, cierres magnéticos, broches, cinturones...), como en usos industriales pues hay muchas tareas que necesitan acoplar y desacoplar rápidamente herramientas, material, etc.

Debido al gran número de fijaciones rápidas de las que se dispone en la industria y para uso cotidiano se ha elegido aquellas que se consideran más importantes para el estudio de nuestro anclaje.

2.1.-Conexión de bayoneta

Una conexión en bayoneta, es un tipo de mecanismo de acoplamiento y fijación rápida entre dos piezas o dispositivos.

Una de ellas, llamada “macho” dispone de uno o varios pines o salientes que se ajustan a la superficie receptora o “hembra”, donde unas hendiduras y un resorte o muelle mantienen la fuerza de sujeción (Figura 2.1).

Para acoplar las dos superficies, es necesario alinear y encajar presionando, los salientes de la superficie macho con las hendiduras de la superficie hembra. Una vez que los pines alcanzan el recorrido o tope de las hendiduras, se giran en sentido contrario ambas superficies de manera que el saliente o pín es guiado hacia una hendidura perpendicular dispuesta para evitar su desajuste y que gracias al resorte o muelle interno, se mantiene bajo presión. Para su desacoplamiento, se debe realizar el movimiento opuesto, es decir, presionar para que el resorte libere de la posición perpendicular a la superficie macho y giro en sentido opuesto.

La fuerza del cierre depende de la resistencia del material de los pines empleados, de manera que puede resultar menos efectiva que otros tipos de sistemas de fijación, aunque destaca por su rapidez.

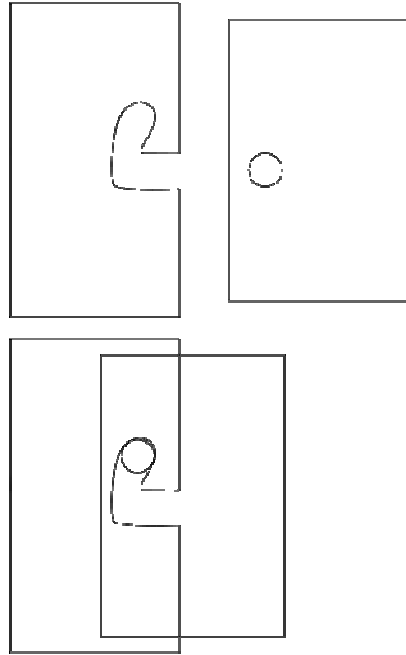


Figura 2.1. Conexión por bayoneta

2.2.- Fijación por pasador

Debido a su sencillez, pues solo consiste en un pasador que ancle las dos partes, es una de las maneras de obtener una fijación rápida mas usada en todos los campos desde el uso cotidiano como un cerrojo, hasta la industria como en anclajes en los ferrocarriles, por ello hay una gran diversidad (cónicos, lisos, tornillos...) [2].

Podemos ver los principales tipos de pasadores en la siguiente figura.

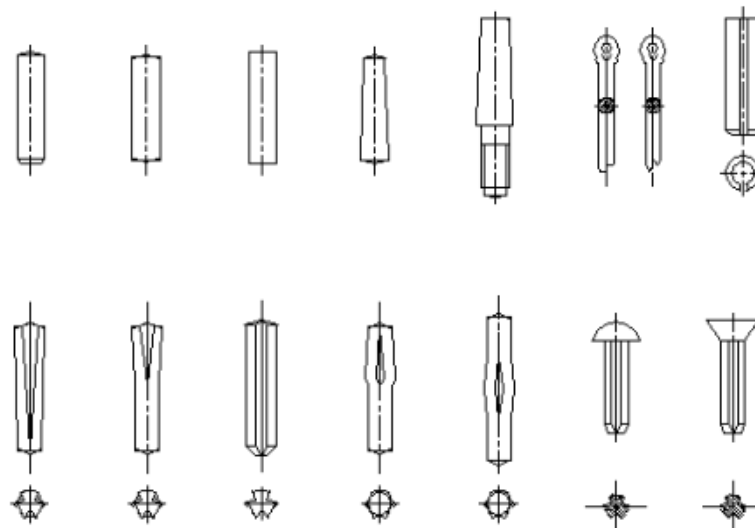


Figura 2.2. Tipos de pasadores

También podemos considerar en este apartado horquillas las cuales proporciona una fijación absolutamente segura. Tanto la horquilla como la clavija roscada son de alta resistencia a la tracción (Figura 2.3).



Figura 2.3. Horquillas

El sistema de anclaje antiguo de la Docking station utilizaba este tipo de unión rápida, mediante un pasador o cerrojo que anclaba el macho en la hembra. El inconveniente es que necesitamos de un actuador para desplazar el pasador y poder acoplar y desacoplar el macho de la hembra.

2.3.- Fijaciones en máquinas de mecanizado

Uno de los ejemplos más claros en anclajes rápidos en la industria, son las máquinas de mecanizado, como los tornos, cuya pieza debe estar anclada y trabajar a distintas revoluciones, o en los centros de mecanizado, que necesitarán cambiar de herramienta rápidamente para disminuir los costes de producción.

2.3.1.-Maquinas de torneado.

Mediante el proceso de torneado se mecanizan superficies de revolución, arrancando virutas con una herramienta de filo, geoméricamente determinado, que incide sobre la pieza que se trabaja.

En los tornos de CN suelen emplear sistemas rápidos de agarre de pieza y tengan sistemas de autocentrado de buen nivel de precisión.

Se enunciarán la mayoría de los mecanismos más utilizados para amarrar la pieza a los tornos de CN

- Platos universales de dos, tres o cuatro garras autocentrables
- Platos frontales para la colocación de sargentos para agarre de formas irregulares
- Mandriles autocentrables
- Pinza para la sujeción de piezas cilíndricas pequeñas
- Puntos y contrapuntos con arrastra para piezas esbeltas
- Lunetas escamoteables para apoyo intermedio
- Sistema de conos

En los platos hidráulicos, se puede controlar, mediante instrucciones programadas por CN la apertura y el cierre de las garras así como la presión de apriete

La elección de la fuerza de apriete depende generalmente de la velocidad de giro del cabezal: velocidades elevadas demandan presiones mayores al aumentar la fuerza centrífuga. Como es habitual que estas máquinas trabajen a velocidades elevadas y esto supondría presiones que dañasen la pieza, se incorporan mecanismos de compensación de las fuerzas centrífugas intentando mantener estable la presión sobre la pieza.

Un ejemplo, es el anclaje por tres puntos mostrado en la fotografía de la marca Schunk [3] (Figura 2.4)



Figura 2.4. Anclaje de tres puntos de un torno

2.3.2.- Máquinas fresadoras.

Para el anclaje de herramientas en fresadoras y en general para todas las rotativas se utilizan acoplamientos cónicos, este método garantiza la rapidez en el cambio y el autocentrado entre el eje del usillo principal y la herramienta. Las dimensiones del acoplamiento deben coincidir exactamente con las del hueco (en el extremo del cabezal o en la torreta).

En la fresadora debido al alto coste de las herramientas, es muy importante trabajar con herramientas modulares intercambiables.

La estructura de una herramienta para una fresadora de CNC (Figura 2.5) presenta generalmente las siguientes partes:

- Acoplamiento (sistema de sujeción a la máquina)
- Soportes o adaptadores
- Cuerpo portaherramientas (portaplaquita)
- Punta de herramienta (plaquita)

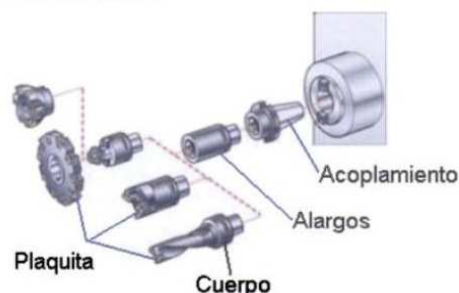


Figura 2.5. Anclaje de una fresadora

Acoplamientos para herramientas fresadoras

El acoplamiento es el elemento que se inserta en el cabezal de la fresadora. Existen diversos sistemas dependiendo del sistema de agarre que se disponga en la máquina, la morfología de los mangos y de las plaquitas es la responsable de las posibilidades de mecanizado y de los acabados a obtener en la pieza (Figura 2.6).

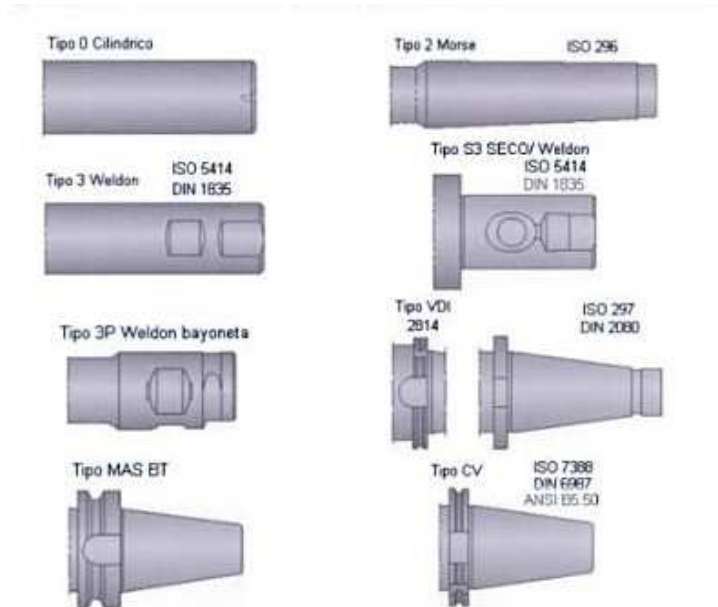


Figura 2.6. Tipos de acoplamientos para fresadoras

2.4.- Fijaciones por vacío

Los sistemas de ventosas de vacío permiten conseguir aumentos considerables de la productividad en los procesos de automatización, tanto en la construcción de maquinaria, como en la industria robotizada [4].

2.4.1.- Sistema de planos aspirantes.

Los planos aspirantes son ideales para el paletizado, preparación de pedidos y clasificación automatizada de las mercancías más diversas con las dimensiones más variadas. Los equipos de ventosas permiten la manipulación de piezas de los materiales más diversos, tales como por ejemplo, cartón, madera, chapa (seca) y plástico, con o sin escotaduras.

La estructura modular de los planos aspirantes permite efectuar la combinación de varios sistemas para formar un sistema global perfectamente ajustado a la aplicación de manipulación (Figura 2.7).



Figura 2.7. Planos aspirantes

2.4.2.- Garras de vacío.

Las garras de vacío sirven no sólo para la integración de robots en líneas de prensas y centros de plegado, sino también para automatización de máquinas de inyección de plástico, fundición inyectada y embutición profunda. Las garras de vacío se emplean además en el sector de la madera/plástico y en máquinas de corte por chorro de agua, láser y troqueladoras/mascadoras.

Mediante las garras de vacío resulta posible la preparación de pedidos en centros de almacenamiento y distribución con robots de pórtico e industriales. Entre las aplicaciones típicas se encuentran los perfiles metálicos, platinas, géneros en forma de placa, piezas de carrocería, componentes de vidrio y cerámica, paneles solares, así como piezas sin estabilidad propia y otras muchas más.

Una selección óptima de ventosas, planos aspirantes, garras magnéticas o pinzas mecánicas, en combinación con émbolos, soportes y perfiles, así como una técnica de válvulas mediante sensores, permiten la realización del sistema modular. Según los requisitos, puede elegirse entre diferentes generadores de vacío (bomba de vacío, soplante, eyector).

En la figura 2.8 podemos ver un sistema de garras de vacío

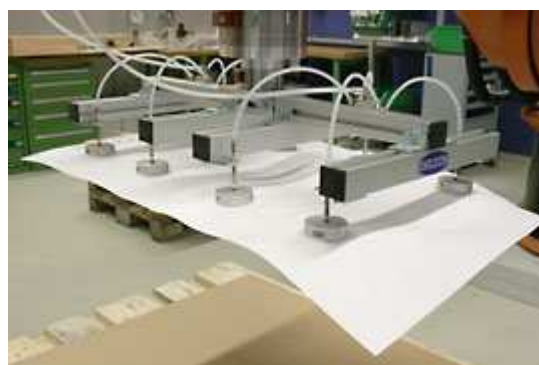


Figura 2.8. Garras de vacío

2.5.- Fijaciones rápidas en neumática

Son acoplamientos fiables y fáciles de usar. Uno de los mayores costes en los entornos de fabricación es el aire comprimido. La optimización de los sistemas de aire comprimido puede tener un impacto considerable en el control de costes para esta fuente de energía que se genera en el lugar de trabajo, uno de los mayores retos en los acoples de aire comprimido (Figura 2.9) es la optimización en el sistema para evitar la pérdida de presión entre sus componentes.

Las causas más comunes de pérdida de energía en sistemas de aire comprimido son las fugas y las caídas de presión.

Las fugas pueden ser una de las principales fuentes de energía mal gastada en los sistemas de aire comprimido. Pueden causar caídas en la presión del sistema y reducir la vida útil de prácticamente todos los componentes del sistema.

Las caídas de presión se traducen en energía insuficiente para las herramientas. A su vez, la pérdida de eficiencia en las herramientas se traduce en ciclos de trabajo más largos y costes de producción más altos.



Figura 2.9. Uniones en neumática

Podemos ver en las siguientes figuras (Figuras 2.10 y 2.11) un corte y un explosionado de una unión neumática, muy parecidos a los utilizados en hidráulica.

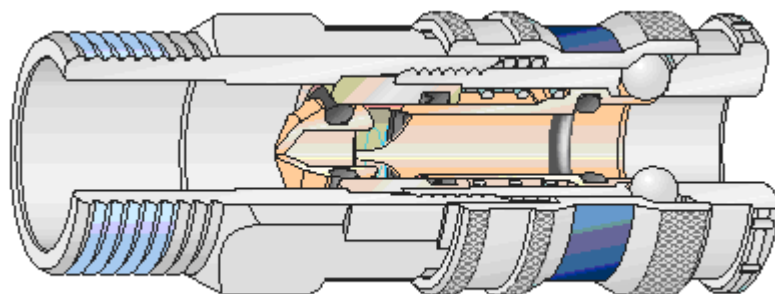


Figura 2.10. Plano de un acoplamiento en neumática

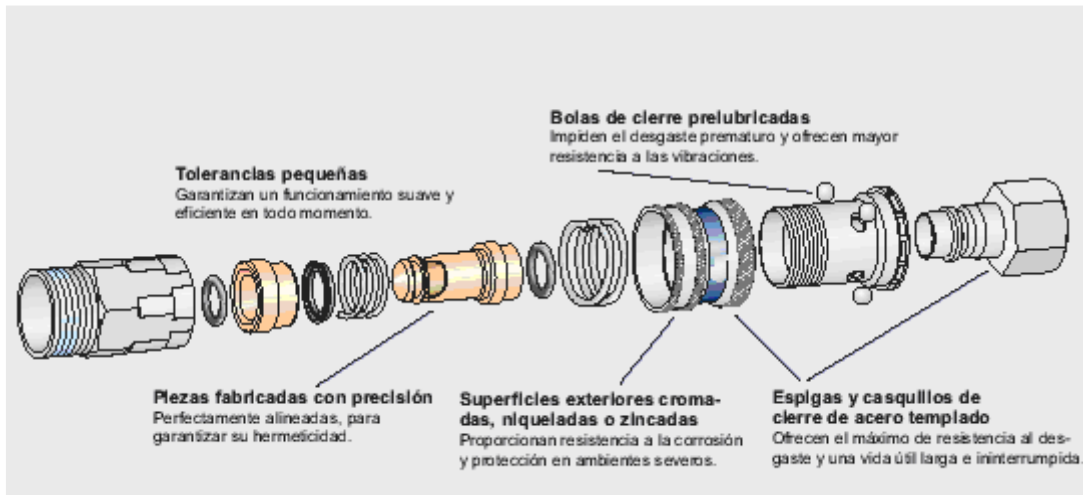


Figura 2.11. Explosionado de un acoplamiento en neumática

2.6.- Fijaciones hidráulicas

Al igual que las fijaciones en neumática es importante que no haya ninguna pérdida de energía entre la salida y la entrada, Los distintos acoplamientos hidráulicos (Figura 2.12) tienen mas fuerza que los acoplamientos por aire y su uso al igual que en neumática esta muy extendido a nivel industrial.

Uno de los aspectos más importantes a la hora de diseñar un sistema hidráulico es protegerlo de las fugas de aceite

Nuestro medio ambiente es un activo irremplazable que debemos conservar ahora para futuras generaciones. Para conseguir este objetivo es muy importante adoptar medidas que prevengan o reduzcan la contaminación en su origen.

La prevención contra la contaminación significa diseñar y fabricar productos que protejan el medio ambiente de agresiones, es decir sin fugas, para minimizar las pérdidas de fluidos hidráulicos que contaminan la tierra y los circuitos hidráulicos donde se introducen.



Figura 2.12. Acoplamiento Hidráulico

2.7.- Fijaciones rápidas de uso cotidiano.

Todos los días desde que nos levantamos usamos muchas fijaciones que podríamos considerar como fijaciones rápidas, desde la puerta de un coche hasta una cerradura. Intentaremos en este apartado dar unos ejemplos dentro de este campo pues la cantidad de fijaciones rápidas de uso cotidiano que existen es muy amplia.

2.7.1.- Fijación por broches.

Existe un número muy amplio de fijaciones por broches de uso cotidiano, uno de los más utilizados y que nos ha influido a la hora del diseño es el mostrado en la figura 2.13. Consiste en un macho provisto de unas pestañas las cuales se anclan en la hembra. Son sistemas de rápida manipulación que por lo general no precisan de esfuerzos grandes, sin embargo su utilización es muy diversa en campos muy dispares pues permite una unión sencilla sin grandes gastos económicos y una unión precisa



Figura 2.13. Broche

Dentro de este apartado podemos encontrar también anclajes cuyo funcionamiento sea a presión pudiendo tener múltiples formas, a rodillo en el que el resbalón es un rodillo y es el encargado de realizar la unión, en garra, o incluso magnético donde la unión se realizará por medio de un imán (Figura 2.14).

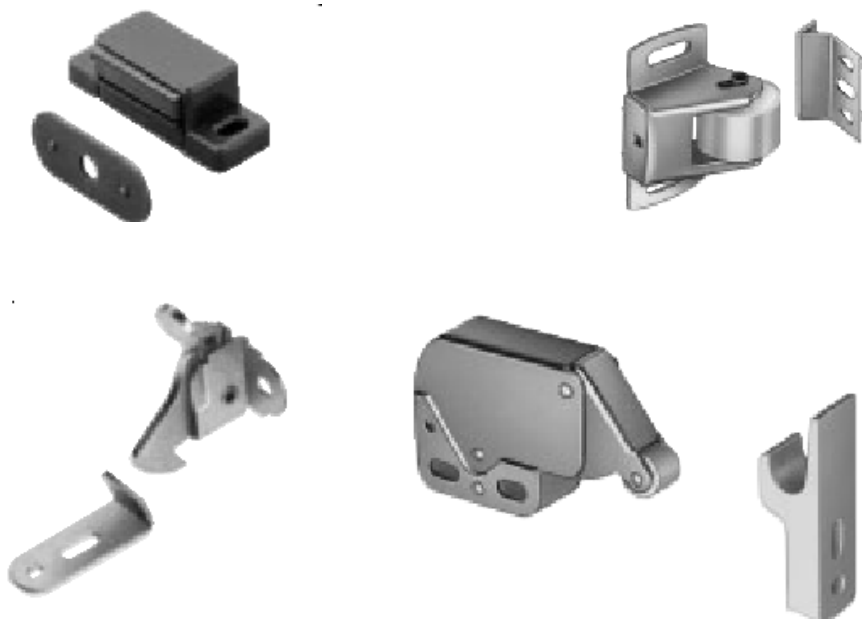


Figura 2.14. Broches y resbalones

2.7.2.- Arnese y mosquetones.

Es uno de los anclajes mas utilizados y con mayor diversidad que hay, pues es una solución sencilla rápida y que se puede utilizar para casi cualquier tamaño de carga, desde personas o pequeñas cargas a container o material en obras.

Podemos encontrar fijaciones rápidas en arneses (Figura 2.15) cuya finalidad puede ser múltiple, como por ejemplo en la utilización en deportes de montaña, para personas con movilidad reducida, seguridad en obras, levantamiento de cargas...



Figura 2.15. Arnese y mosquetones

También podemos encontrar estos tipos de fijaciones en los cinturones de seguridad (Figura 2.16), diseñado para sujetar a un ocupante de un vehículo si ocurre una colisión y mantenerlo en su asiento.



Figura 2.16. Cinturones de seguridad

2.7.3.- Anclajes por tirador

Las principales ventajas de este tipo de fijación son que bloqueo y desbloqueo del cierre es sencillo pues sólo hay que enganchar y desenganchar el tirador (Figura 2.17); Los ajustes de tolerancia se realizan mediante el mecanismo de gancho de tracción, permitiendo variaciones en la proximidad del cierre y del gancho; Son muy versátiles



Figura 2.17. Anclaje por tirador

2.8.- Fijaciones en robótica

2.8.1.- Cambio de herramienta

Una de las industrias punteras en el uso de conexiones rápidas es la robótica, debido a su multifuncionalidad, los nuevos robots tienen que cambiar de herramienta rápidamente para poder realizar distintas tareas. Hay muchos tipos de conexiones en el mercado capaces de poder ser adaptadas a casi cualquier robot, que necesite anclar y desanclar herramientas de forma segura y sin dañar las piezas.

Como ejemplo cabe destacar el sistema para cambio de herramientas neumático que se observa en la figura 2.18 desarrollado por Schunk [4]. El macho que se ve en la figura se introduce en la hembra con un movimiento axial, mediante un sistema neumático se hace que las esferas insertadas en el macho se desplacen de forma radial, insertándose estas en unas cavidades de la hembra y uniendo ambas partes, para desanclarse se eliminará la fuerza ejercida por el actuador neumático liberándose las esferas del interior de la hembra.



Figura 2.18. Unión neumática en robótica

2.8.2.- Robots modulares auto-reconfigurables

Los robots modulares auto-reconfigurables consisten en un conjunto estandarizado de módulos electromecánicos que pueden cambiar dinámicamente su forma geométrica, para satisfacer los distintos requisitos de las diversas tareas. Cada módulo tiene la capacidad de inteligencia, sensación, comunicación y actuación. Por lo tanto, son más versátiles, flexibles y eficaces que los robots fijos. Ellos pueden trabajar en ambientes no estructurados e impredecibles, tales como la exploración del espacio y las aguas profundas, operaciones de rescate en zonas sísmicas [16].

Mark Yim se puede considerar como el Padre de esta disciplina. Ingeniero mecánico, realizó su tesis doctoral en la Universidad de Stanford, entre 1992-1994.

¿Qué es un robot reconfigurable?

- Es aquel que tiene la habilidad para combinar los componentes físicos del robot. Puede ser:

Dinámica: El robot se autoreconfigura

Manual: Otro agente reconfigura el robot (Por ejemplo un humano)

Un ejemplo de reconfiguración son los brazos Robots. El RMMS es un brazo robot que es capaz de recalculer los parámetros dinámicos, cuando el usuario cambia los módulos de lugar (reconfiguración manual).

Existen tres tipos de robots reconfigurables, según la manera en que cambian su forma:

Robots tipo cadena: Se unen y separan cadenas de módulos. Un ejemplo de este tipo de robots son Polypod, Polybot (Yim y Zhang, 2002) Tetrobot (Hamlin y Sanderson, 1998) y el CONRO (Castaño, Behar y Will, 2002).

Podemos ver tanto el robot Polypod como el Polibot en las figuras 2.19, 2.20 y 2.21,



Figura 2.19. Configuración del robot Polypod en rueda, gusano y araña

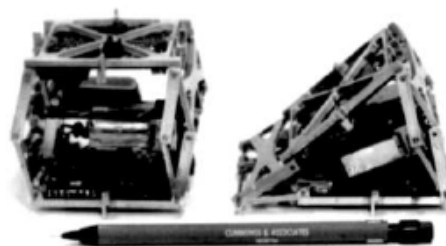


Figura 2.20. Los dos módulos de Polypod.

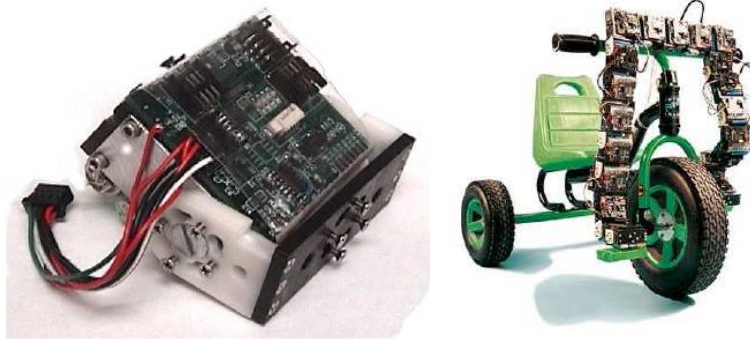


Figura 2.21. Módulo y robot Polibot montando en un triciclo

Robots tipo retículo: Los módulos se mueven dentro de un retículo, en 3D. Similar a cómo se mueven los átomos en un cristal. Los robots tipo retículo, pueden auto-reconfigurarse fácilmente y son adecuados para la formación de diversas configuraciones estáticas, pero tiene una gran dificultad en la generación de movimiento. Ejemplo de este tipo de robot son el fractal 3D (Murata y Kurakawa, 1998), (ATRON) (Christensen yStoy,2006), Telecube (Suh, Homans y Yim, 2002), Los módulos “I-Cube” (Unsal y Khosla, 2000), módulos dodecaedro rómbico (Proteo) (Yim, Zhang et al., 2001), los dos módulos semi-cilíndricos (M-TRAN) (Kurokawa y Tomita, 2008) y el M-Cube (Fei y Zhao, 2007).

Los siguientes robots mostrados en la figura2.22, de izquierda a derecha robot ATRON, Telecube y M-TRAN son robots tipo retículo



Figura 2.22. Robots ATRON, Telecube y M-TRAN

Auto-reconfiguración móvil: Los módulos se separan y se mueven independientemente hasta unirse a otro módulo en otra parte del robot. Son muy complejos y están poco estudiados.

2.8.2.1.- Proceso de acoplamiento en un robot híbrido auto-reconfigurable

Un ejemplo que nos podrá servir de guía a la hora de diseñar nuestro anclaje es el estudio realizado por Yan Qiong Fei, Wei Yang y Jiang Yu sobre la configuración de un robot híbrido auto-reconfigurable modulable, que puede llevar a cabo el acoplamiento entre dos módulos [20]. Para explicar este proceso comenzaremos por conocer a que llamamos módulo y de que está compuesto.

Descripción del módulo

Se propone un robot híbrido auto-reconfigurable modular. El módulo básico en el robot híbrido auto-reconfigurable modular está compuesto de un módulo principal y un módulo esclavo. El módulo principal y el módulo esclavo son de la forma de un prisma triangular y tienen tres lados de conexión cada uno. El módulo esclavo se une al módulo principal en el puerto de conexión fija y puede girar sobre el módulo principal. Cada módulo dispone de otros dos puertos de conexión: el módulo principal, tiene dos agujeros en cada puerto de conexión y el módulo esclavo, tiene dos clavijas en cada puerto de conexión (Figura 2.23).

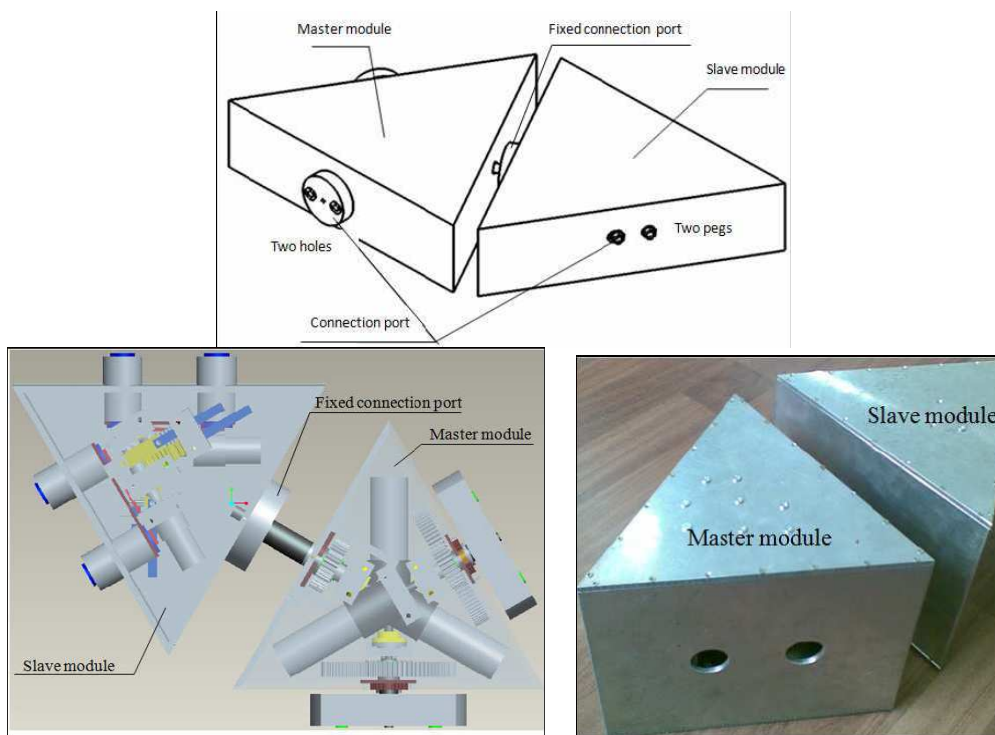


Figura 2.23. Módulo básico

Cada clavija tiene un sistema de bloqueo, que puede bloquear la conexión cuando la clavija se inserta en el agujero de otro módulo de conexión, consiguiendo que dos de los módulos básicos estén conectados entre sí. Los puertos de conexión pueden girar a lo largo de sus ejes. El módulo básico 2 gira 180 ° a lo largo del puerto de conexión del módulo básico 1. Se muestra en la figura 2.24.

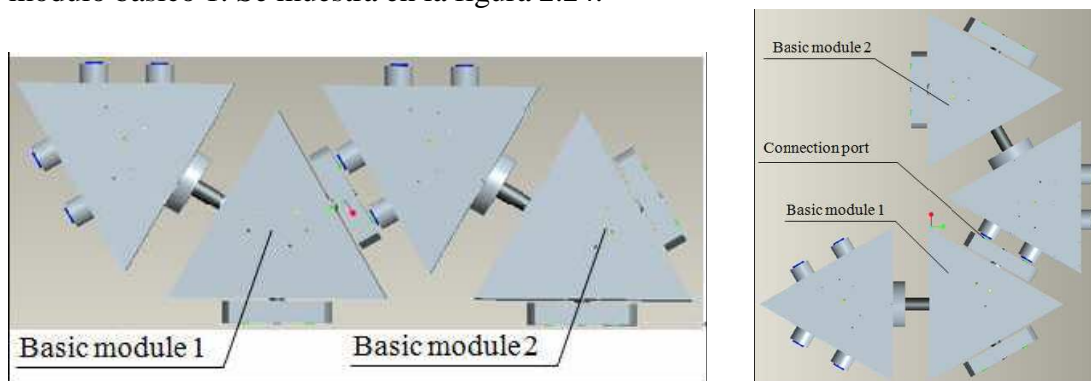


Figura 2.24. Dos módulos básicos rotando

Hay tres motores en el módulo principal: uno controla el motor rotativo del módulo esclavo y los otros dos motores (motor 2 y el motor 3) controlar la acción de los agujeros de los puertos de conexión. En el módulo esclavo, hay dos motores (motor de 4 y el motor 5) que controlan de la acciones de las clavijas de los puertos de conexión. En la siguiente figura podemos ver tanto el módulo principal como el esclavo.

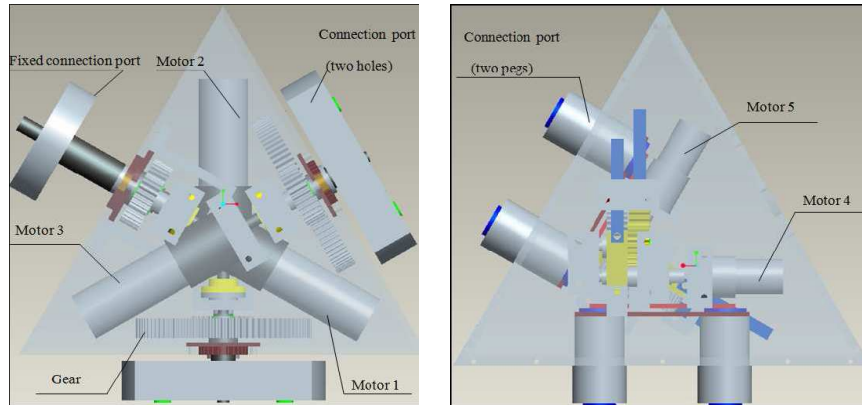


Figura 2.25. La mecánica interna de un módulo básico. (Módulo principal y esclavo)

Análisis del anclaje

El acoplamiento es una acción crucial para robots auto-reconfigurables. Para un acoplamiento con éxito, el proceso tiene al menos tres etapas integradas.

En primer lugar, el módulo se mueve en una trayectoria dada, de modo que los dos módulos de acoplamiento se colocan cerca unos de otros. En segundo lugar, los dos módulos de acoplamiento están alineados entre sí, para satisfacer las limitaciones del acoplamiento. En tercer lugar, las clavijas de acoplamiento se insertan en los agujeros y se bloquean. El desacoplamiento es el proceso inverso del acoplamiento. Cuando una conexión existente es desconectada, el mecanismo de bloqueo es liberado con las clavijas. Para el robot híbrido auto-reconfigurable, el proceso de acoplamiento consiste en que el módulo básico i es insertado en el módulo básico j . Es el proceso de doble clavija.

La configuración del modelo geométrico del doble de clavija en agujero se muestra en la Figura 2.26: los radios de la clavija izquierda, clavija derecha, orificio de la izquierda, y el orificio de la derecha son r_{p1} , r_{p2} , r_{H1} y r_{H2} , respectivamente. D o D_P representa la distancia entre los ejes de la clavijas, y D_H representa la distancia entre los ejes de los agujeros. Las dimensiones de una clavija y de un agujero se dan a continuación (Figura 2.26): $2r_{p1} = 9,91\text{cm}$, $2r_{p2} = 9,9\text{cm}$, $2r_{H1} = 10.01\text{cm}$, $2r_{H2} = 10.0\text{cm}$, $D_P = 90.2\text{cm}$, $D_H = 90.25\text{cm}$, $\mu = 0,1$.

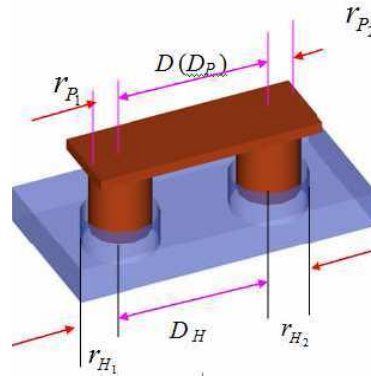


Figura 2.26. Modelos geométricos de acoplamiento

Simulación

En la Figura 2.27 se muestra una simulación de un sistema de tres módulos básicos. En la Figura 2.27 a, el módulo básico 1 se conecta al módulo básico 2 a través del puerto de conexión 1. El módulo básico 2 se conecta con el módulo básico 3 con la conexión del puerto 2, resultando una línea. En la figura 2.27 b, el módulo básico 3 gira 180° a lo largo del puerto de conexión 2. En la Figura 2.27 c, el módulo básico 3 y el módulo principal del módulo básico 2 gira 180° a lo largo de la conexión del puerto 2. En la Figura 2.27 d, el módulo básico 1 gira 180° a lo largo del puerto de conexión 1. En la Figura 2.27 e, dos clavijas del módulo básico 1 se introducen en dos agujeros del módulo básico 3, lo que resulta un hexágono.

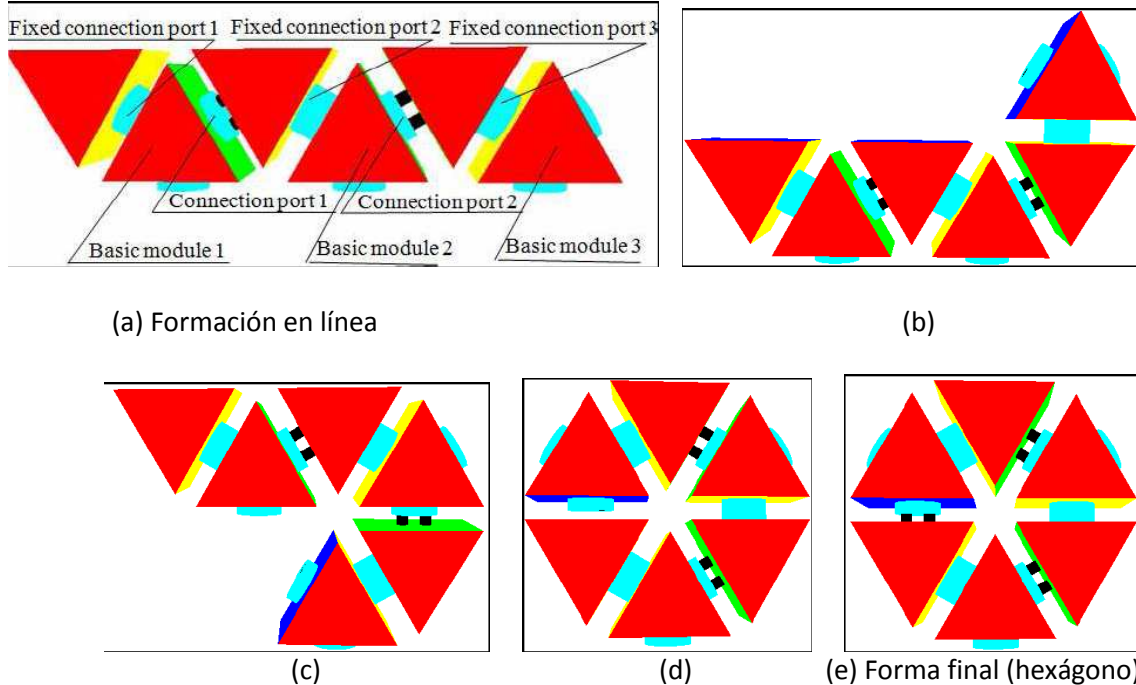


Figura 2.27. Proceso de transformación y de acoplamiento de tres módulos básicos

3.- ANÁLISIS DE ESPECIFICACIONES.

3.1.- ¿Cómo ha de ser el nuevo anclaje?

La mayor diferencia con el anclaje de la versión anterior es que deberá funcionar de forma pasiva, es decir, el robot ASIBOT deberá desanclarse y anclarse sin que precise de ayuda externa para ello, tampoco utilizará energía una vez anclado y deberá impedir todos los movimientos tanto de traslación como de rotación en el anclaje.

Lo primero será hacer un estudio del sistema antiguo de acoplamiento en el robot ASIBOT con el fin de poder determinar que partes o cualidades nos interesa conservar y que habrá que modificar o eliminar.

La estación de anclaje antigua consiste en un cono hembra que permite el ajuste del cono macho que tiene cada extremo del robot. La forma cónica de la garra facilita la introducción de esta en el anclaje. Este sistema autocentrante formado por los conos permite garantizar el éxito del anclaje, aunque existan errores en el posicionamiento del extremo del robot, del conector exterior o los debidos a la inexactitud en la ortogonalidad de las superficies entre si. Esto será de especial utilidad en la primera parte del acoplamiento en el cual el macho se aproxima a la hembra con un movimiento axial, introduciéndose el macho en la hembra. Para completar el anclaje, al ser un mecanismo de bayoneta se ha de girar la garra según el eje perpendicular a la Docking station. Al llegar a la posición final, saltará un pasador de forma automática, accionado por un solenoide, impidiendo que el robot se libere de forma accidental (Figura 3.1). Para liberar el extremo anclado, el control a bordo comprueba que el anclaje es total en el otro extremo y activar el solenoide situado en la hembra para correr el pasador y permitir así el giro de la muñeca del robot y la posterior salida de la garra del conector [19]

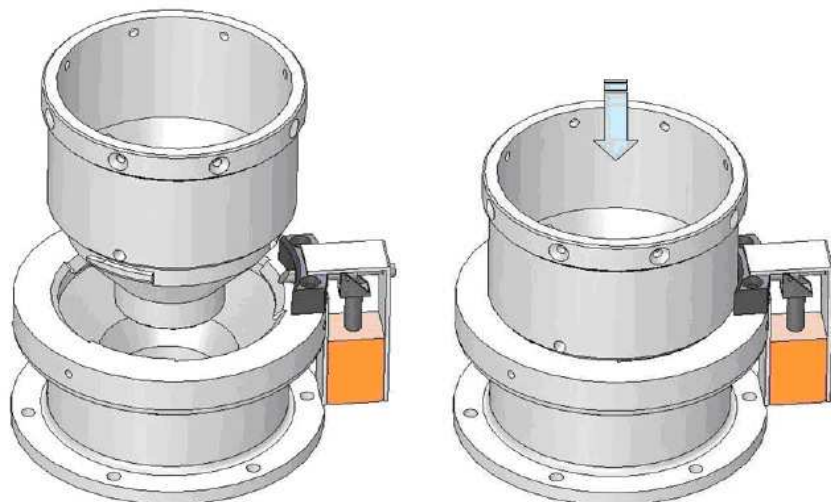


Figura 3.1. Anclaje antiguo. Docking station

Una vez estudiado el mecanismo de funcionamiento antiguo nos disponemos a estudiar como ha de ser nuestro nuevo anclaje teniendo en cuenta los objetivos que hemos descrito. Nuestro primer objetivo es que funcione de forma pasiva, por lo que no podrá ayudarse de un solenoide, ni para la fase de acoplamiento, ni para la fase de desacoplamiento, es decir habrá que sustituir el sistema del pasador accionado con un solenoide.

Conviene conservar la geometría de la pieza, y en especial la forma cónica tanto del macho como de la hembra, para no perder la capacidad autocentrante que se había conseguido dando esta forma a las piezas. Mantendremos el sistema de unión que posee el macho con el resto del brazo del robot con el fin de no tener que modificar este. También intentaremos que las operaciones para realizar en anclaje o desanclado sean las mínimas posibles (en la fijación antigua eran tres, aproximación, giro, y anclaje por pasador) con el fin de que sea lo mas rápido y sencillo posible.

El anclaje ha de ser automático y solo podrá utilizar los movimientos del robot, proporcionados por los motores internos, para realizar el acoplamiento del macho a la hembra, de esta manera se conseguirá que el anclaje en sí sea pasivo

3.2.- ¿Qué debe incorporar para que funcione de forma pasiva?

Lo primero que debemos preguntarnos es que sistema vamos a utilizar para que funcione de forma pasiva y que modificaciones debemos incorporar para que nuestro anclaje funcione correctamente.

Se hizo un estudio de diversos sistemas rápidos de fijaciones, con el fin de reunir ideas que nos pudieran ser útiles y se pudieran incorporar a nuestro proyecto, hay que tener en cuenta que las fijaciones rápidas nos rodean en usos cotidianos, desde que nos levantamos hasta que nos acostamos (puertas coches, cierres magnéticos, broches, cinturones...), como en usos industriales pues hay muchas tareas que necesitan acoplar y desacoplar rápidamente herramientas, material, etc.

Con ello se propusieron varias ideas que cumplían con los requisitos necesarios, llevándose al estudio y diseño aquella que consideramos la mas factible en cuanto a su diseño y su funcionamiento. Esta consistía en una pestaña de sección cuadrada terminada en punta, la cual estaría alojada en el macho y se anclaría a la hembra en un alojamiento que se dispondría para dicho fin, la fuerza necesaria para evitar que se desanclase la pestaña se ejercerá a través de un resorte alojado en una corredera por donde se deslizará la pestaña. Para desanclar el macho de la hembra habrá que superar la fuerza que estará ejerciendo el muelle, deslizando la pestaña sobre la hembra. En la figura 3.2, 3.3 se observa un corte de uno de los casos estudiados, donde la pestaña está anclada en la hembra.

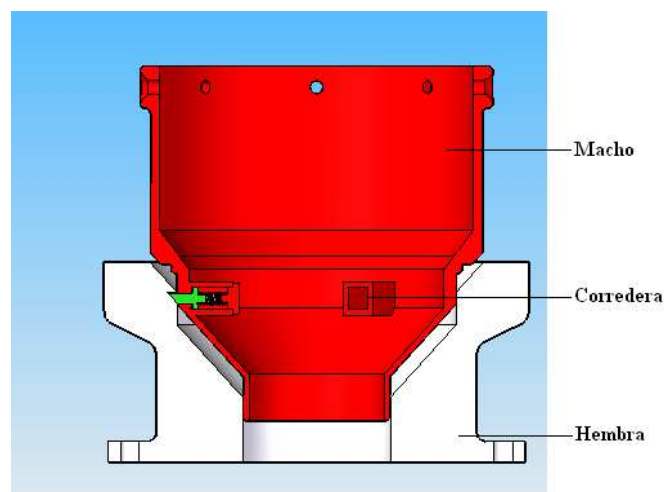


Figura 3.2. Corte a la Docking station

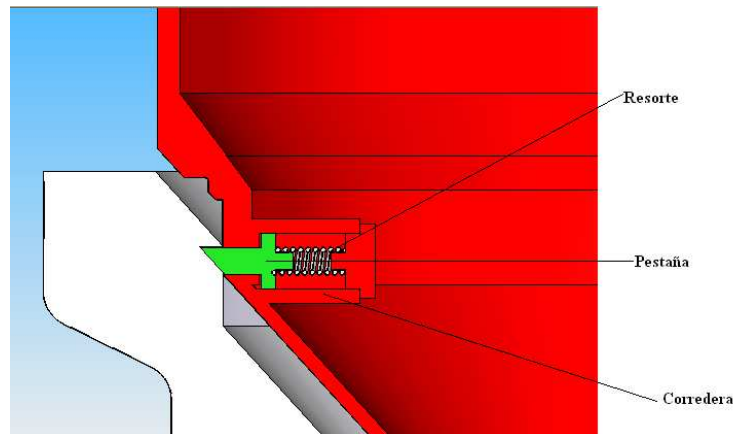


Figura 3.3. Anclaje en la Docking station

Para ello se estudiaron dos configuraciones, en la primera el macho se anclaría y desanclaría de forma vertical y en la segunda que se anclaría y desanclaría realizando un giro en el eje vertical, estos casos se explican en capítulos posteriores. Tanto para la primera configuración como para la segunda necesitaremos unos cambios y unas piezas nuevas en el macho y en la hembra.

Piezas nuevas necesarias:

- 1.- Pestaña. Será la encargada de unir el macho y la hembra para que trabajen de forma solidaria.
- 2.- Resorte. Será el encargado de proporcionarnos la fuerza necesaria para que el macho no se desacople de la hembra.
- 3.- Corredera. Albergará a la pestaña y el resorte, permitiendo el deslizamiento de la pestaña en el interior de la corredera.

Piezas que habrá que modificar:

- 1.- Hembra. Habrá que incorporar una zona de anclaje de la pestaña, así como las modificaciones necesarias para conseguir que se pueda anclar y desanclar el macho.
- 2.- Macho. Habrá que incorporar los huecos necesarios para que las pestañas sobresalgan del macho y las modificaciones necesarias para poder incorporar al macho las correderas con las pestañas y resortes.

Nota: Tanto las piezas nuevas como las modificaciones realizadas son las imprescindibles, esto no implica que por motivos de fabricación o montaje haya que realizar nuevas modificaciones o incorporar piezas nuevas.

3.3.- Condiciones de seguridad

En este apartado daremos unas pautas de seguridad que habrá que tener en cuenta a la hora de nuestro diseño.

A la hora de diseñar nuestro nuevo mecanismo habrá que tener en cuenta que ninguna pieza que se incorpore pueda desprenderse del robot o pueda dañar alguna parte de este.

Deberemos diseñar el anclaje teniendo en cuenta que frente a una pérdida de energía el robot no se desacople, es decir, no pudiendo utilizar un sistema que utiliza la fuerza de los motores o cualquier otro dispositivo alimentado eléctricamente, para permanecer anclado.

La Docking station no se podrá desacoplar durante una frenada brusca en los que actúan los frenos de seguridad de los que dispone el robot con el objetivo de no pueda causar daños al desanclarse de forma involuntaria. Es decir, nuestro anclaje debe situarse de tal manera que ofrezca la suficiente resistencia a desacoplarse de forma accidental, pero que cuando queremos desanclarla de forma voluntaria, el sobreesfuerzo que debemos suministrar sea el menor posible para que las piezas y el motor sufran lo menos posible.

Al no cambiar el peso del robot, consideraremos que nuestro nuevo anclaje deberá soportar las mismas fuerzas que el anclaje anterior, con lo que estudiaremos el caso siempre más desfavorable, considerando que las piezas ya diseñadas aguantan estos esfuerzos y solo analizando aquellas que incorporamos nuevas.

3.4.- Resumen de especificaciones: Requisitos de diseño.

El objetivo del proyecto es modificar el sistema de anclaje del robot ASIBOT de tal manera que se pueda acoplar y desacoplar simplemente por los movimientos que puede realizar dicho robot, gracias a los motores internos de los que dispone, de tal manera que funcione de forma pasiva. Dicho objetivo define los siguientes requisitos básicos para que el sistema sea útil y eficaz:

- El acoplamiento y desacoplamiento debe ser con el menor número de movimientos posibles, con el fin de que sea lo más rápido y sencillo posible.
- El sistema de acoplamiento tendrá que ser robusto, estable y fiable, no desacoplándose por una pérdida de electricidad en el robot.
- El mecanismo de anclaje deberá ser lo más sencillo posible, intentando minimizar el número de piezas que intervienen en el proceso de acoplamiento y desacoplamiento.
- Se mantendrán las la geometría cónica del macho y de la hembra o se modificará de tal forma que el mecanismo siga siendo autocentrante.
- Se utilizarán materiales ligeros intentando minimizar el peso del anclaje.
- Se intentará reutilizar el macho y/o la hembra.

- Se mantendrá el sistema de unión que tiene el macho con el resto del brazo del robot.
- Se mantendrá el sistema de anclaje de la hembra con la pared.
- Deberá de poder ser posible su mecanizado. Queremos no solo un modelo teórico sino uno que podamos fabricar.
- Deberá ser posible su montaje. Se diseñarán las piezas pensando en una manera fácil y cómoda a la hora de montarlo.
- El coste de producción de nuestras Docking stations deberá ser lo mas reducido posible, pues se diseña para un producto de los cuales se fabricarán diversas unidades
- Deberemos diseñarlo de manera que el mantenimiento del mecanismo del acoplamiento sea el menor posible, y que las piezas que estén expuestas a desgaste sean aquellas de menor coste.

4.-ANCLAJE VERTICAL

De entre las diversas opciones analizadas, la primera idea fue que el robot se anclase axialmente y se mantuviese inmovilizado por medio de una o varias pestañas accionadas por un resorte, este sistema tiene la ventaja de ser sencillo (pocas piezas pueden fallar), es económico, pues introduce pocos elementos nuevos al sistema de anclaje y permite la reutilización del macho de la versión anterior, ya que solo necesita el mecanizado de unos taladros pasantes por donde asomarían las pestañas.

4.1.- Funcionamiento

El funcionamiento de anclaje del robot ASIBOT constará de dos partes la primera de ellas será el acoplamiento del macho en la hembra que se explicará y analizará con el programa Working model. La segunda será el desacoplamiento del macho de la hembra para ello se utilizará el Working model y el Solid Edge para explicar su funcionamiento.

4.1.1.-Fase de acoplamiento

Para el análisis de funcionamiento de nuestro sistema se utilizó el programa Working model, también se utilizará para ilustrar el funcionamiento de acoplamiento.

En el primer paso el macho se coloca alineado con la hembra y por medio de una fuerza exterior se desplazaría axialmente (Figura 4.1).

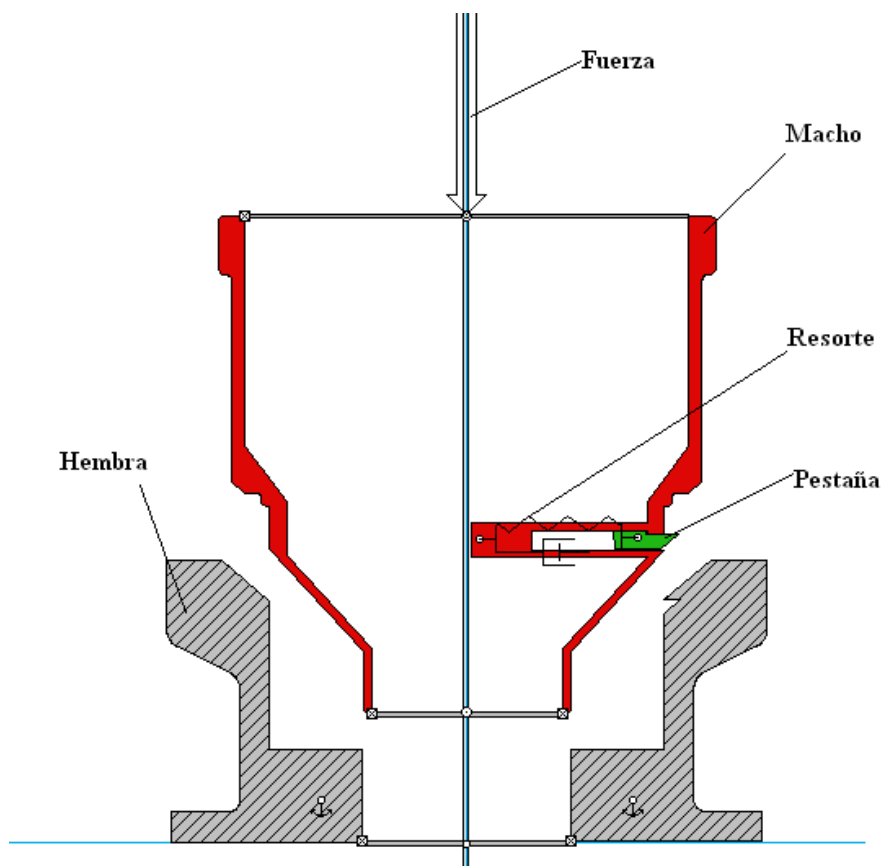


Figura 4.1. Posición Inicial.

En la Figura 4.2 se observa como la pestaña va recorriendo la hembra mientras que el muelle se va comprimiendo.

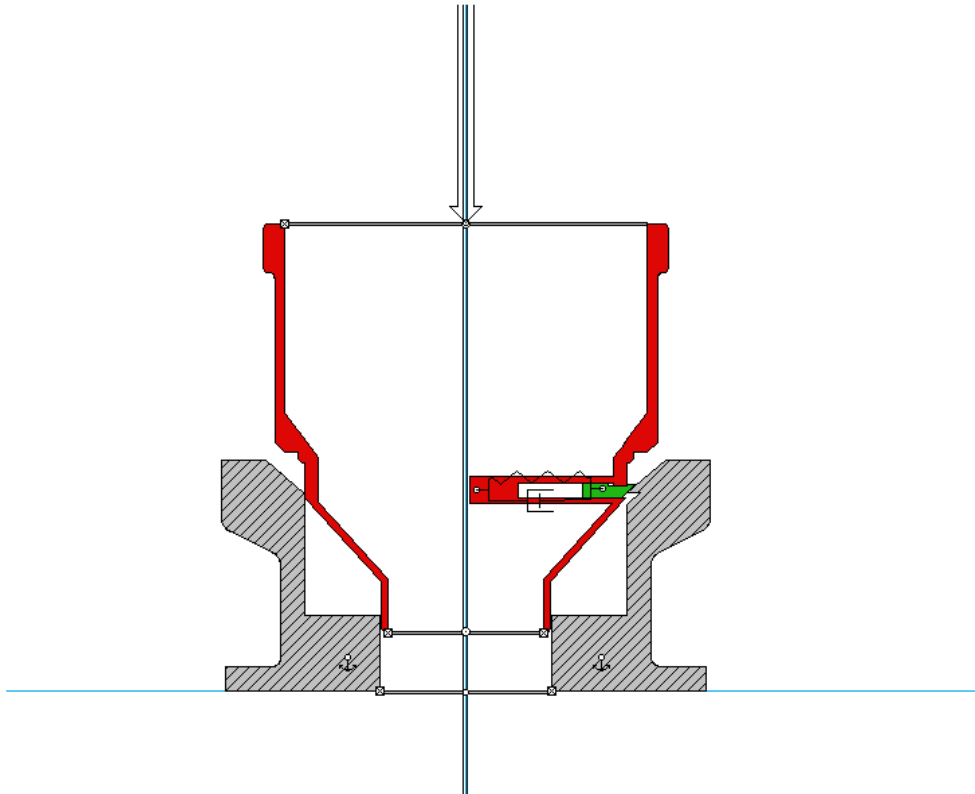


Figura 4.2. Compresión de la pestaña de inmovilización

Por último el muelle volvería a descomprimirse al llegar a la posición de anclaje quedando el macho acoplado en la hembra (Figura 4.3).

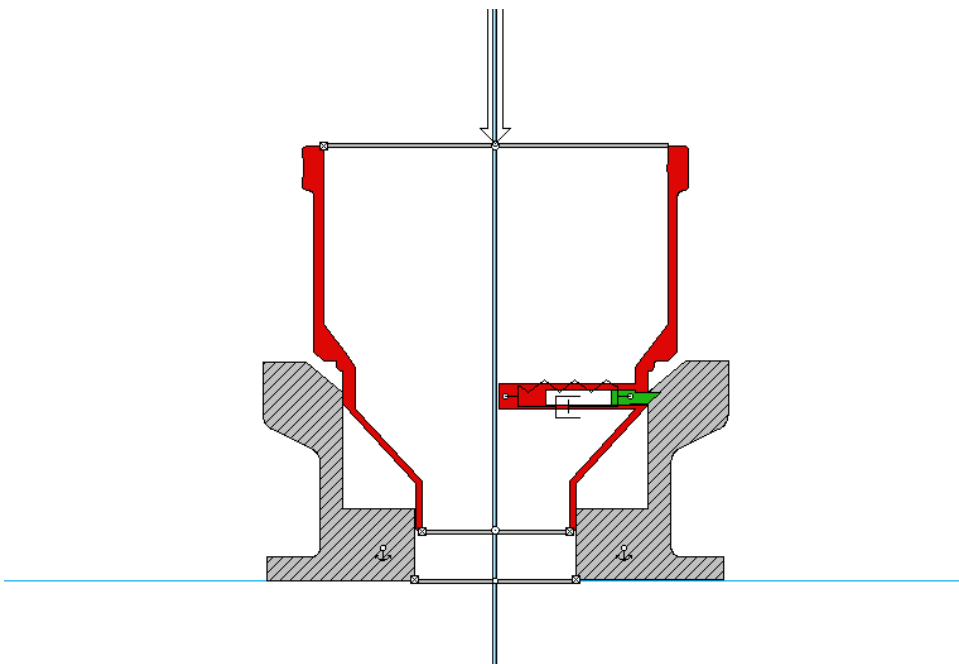


Figura 4.3. Posición Final

4.1.2 Fase de desacoplamiento

Para desacoplar el macho de la hembra, se tendría que hacer un sobreesfuerzo en dirección axial (Figura 4.4), vencer la fuerza del muelle, y una vez la pestaña se hubiese replegado realizar un giro (Figuras 4.5, 4.6). A continuación, desacoplar el macho de la hembra con un nuevo movimiento en dirección axial, pero en sentido contrario al anterior.

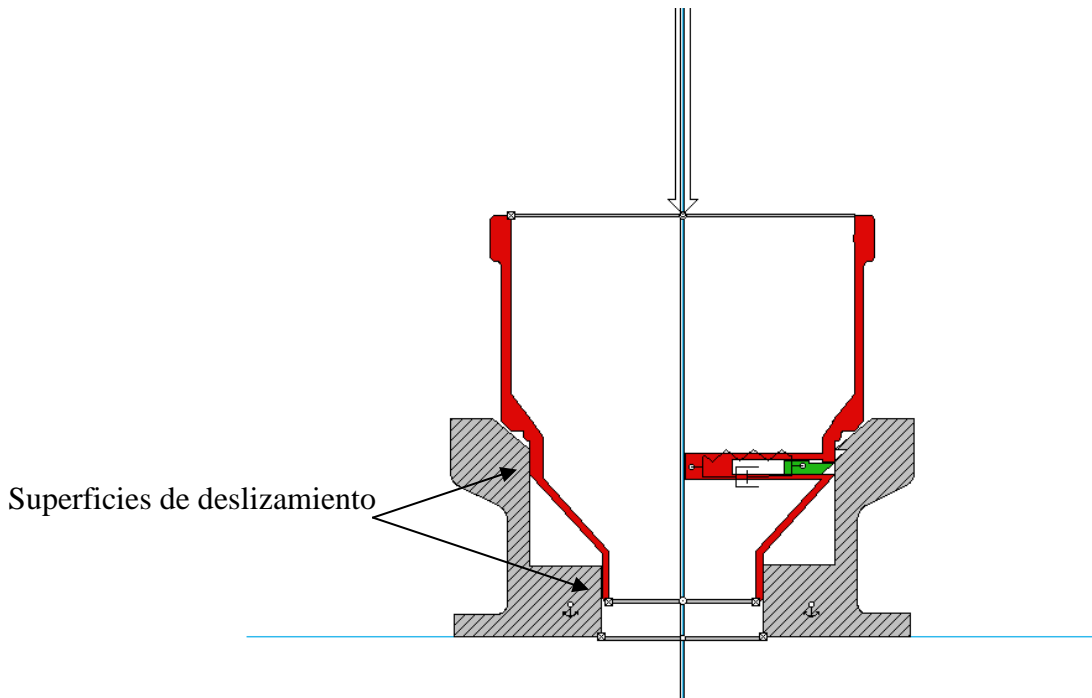


Figura 4.4. Pestaña replegada

Es importante asegurar una buena concentricidad entre las superficies en las que habrá un deslizamiento lineal de ambas piezas, durante todas las operaciones de acoplamiento y desacoplamiento. También es preciso asegurar un correcto acabado superficial de ambas superficies (Ra 6.3) para reducir la fricción.

En la Figura 4.5 se puede observar en tres dimensiones la fase de desacoplamiento, se ha vencido la fuerza del muelle y la pestaña queda liberada. Se ha eliminado el macho para poder ver el resorte y la pestaña.

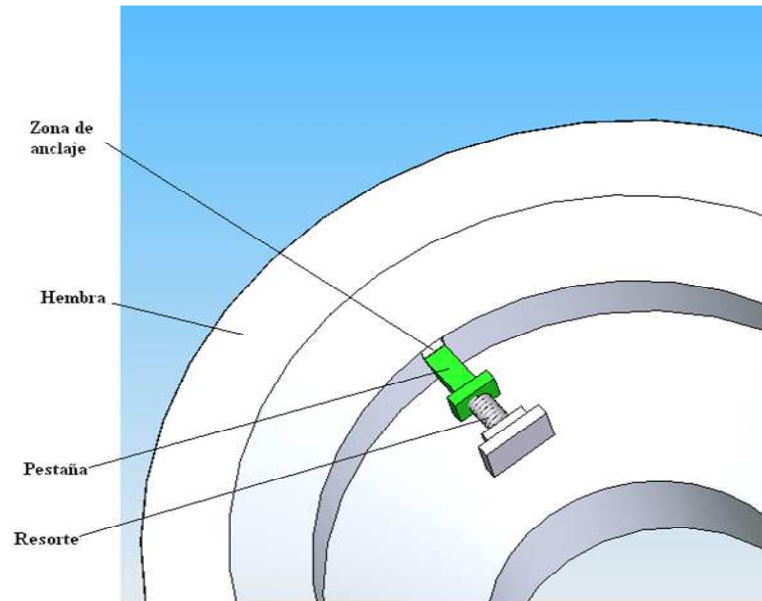


Figura 4.5. Anclaje. Vista 3D

La Figura 4.6 muestra la posición relativa cuando la pestaña se ha desacoplado del alojamiento en la hembra y el macho ha realizado un giro (también se ha eliminado el macho de la figura para poder ver mejor el movimiento). Para terminar el proceso, el macho realizaría un movimiento axial quedando liberado de la hembra.

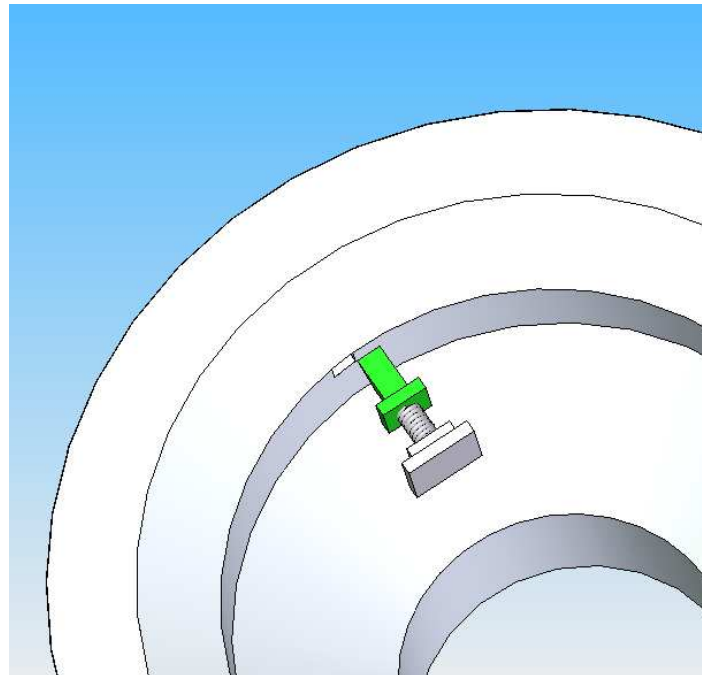


Figura 4.6. Pestaña desacoplada

4.2.- Distintos casos estudiados

Lo primero que se hizo fue un análisis con el programa Working Model con el fin de determinar la viabilidad del proyecto con un estudio previo en dos dimensiones, para poder realizar distintas hipótesis antes del diseño en tres dimensiones.

Para comprobar la viabilidad de la propuesta se realizaron los siguientes análisis

4.2.1.- Muelle a tracción.

En el primer estudio el resorte unía el macho con la pestaña directamente, para ello la pestaña tendría “forma de L” (Figura 4.7).

Esta solución aportaba la ventaja de unir la pestaña a un elemento bastante rígido como es el macho del robot, en este caso el resorte trabajaría a tracción. El problema de este diseño es que al estar el resorte a cierta distancia del eje de movimiento de la pestaña se generaría un momento, que a la larga podría inducir desalineamientos en la pestaña.

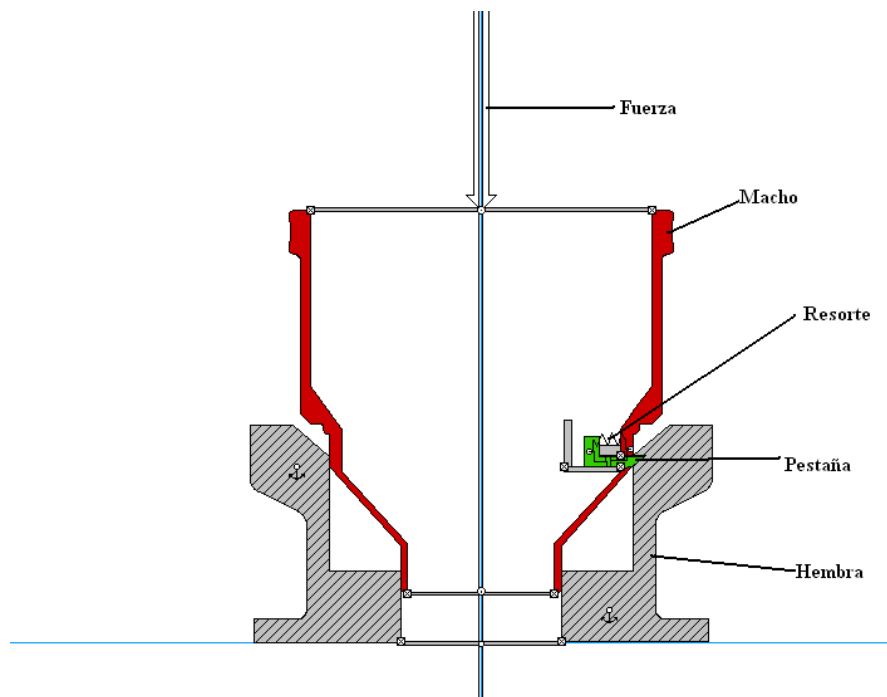


Figura 4.7. Pestaña en forma de L

4.2.2.- Pestaña en el macho y muelle a compresión

En un segundo estudio se colocó el muelle en la línea de movimiento, el muelle en este caso trabajaría a compresión (Figura 4.8).

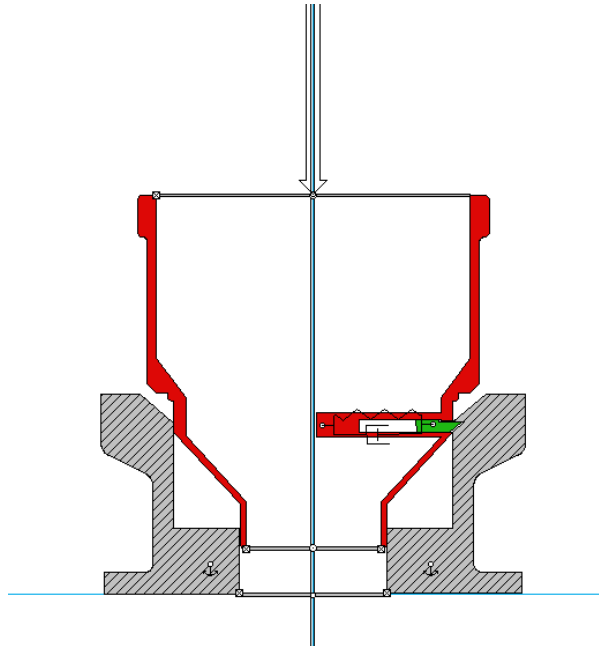


Figura 4.8. Muelle alineado con la pestaña

4.2.3.- Pestaña en la hembra

Como último caso se ha colocado la pestaña (azul) en la hembra. Con este diseño el resorte se ubicaría en la hembra que es la parte más robusta, y el muelle estaría alineado con el movimiento, con lo que no generaría momentos, el muelle en este último caso trabajaría a compresión (Figura 4.9).

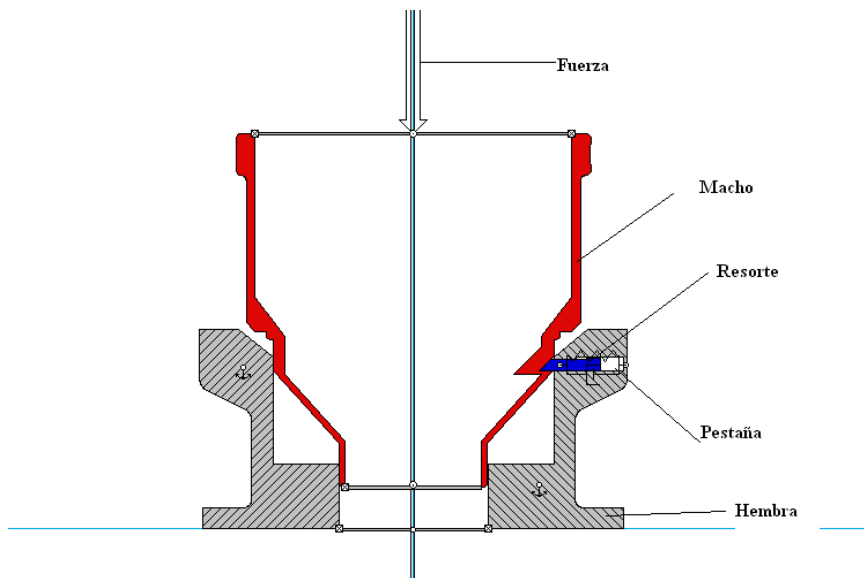


Figura 4.9. Pestaña en la hembra

4.3.- Cálculos justificativos.

Con el fin de determinar la fuerza que debería de aportar el resorte para la fase en el que macho está anclado se realizó una descomposición de fuerzas. Se simuló que la fuerza que debería soportar el anclaje sería 150N, que equivaldría al peso del robot (130N) mas una carga el extremo de 20N.

El sumatorio de fuerzas se realizó para el tercer supuesto, en el que la pestaña está alojada en la hembra y el resorte trabaja a compresión y coaxialmente con la dirección de la pestaña.

4.3.1.-Fuerzas en la hembra.

Primero se realizó el sumatorio de fuerzas en la hembra con el fin de calcular la fuerza normal, sabemos que la fuerza vertical en la sección que hemos cortado tiene que ser cero, en dicho equilibrio, las fuerzas actuantes serian la fuerza de rozamiento entre las dos superficies, la normal, la fuerza del muelle y la fuerza debida al peso del robot (Figura 4.10).

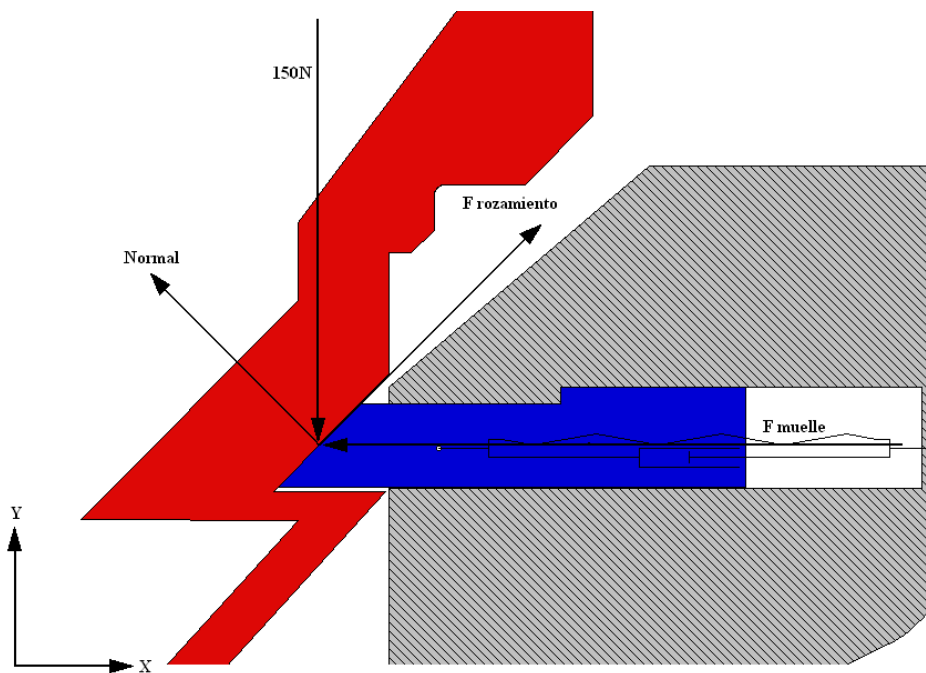


Figura 4.10. Distribución de fuerzas

Fuerzas verticales.

Nos interesan solo las fuerzas verticales para calcular la normal. Debido al ajuste en las superficies de deslizamiento mostradas en la Figura 4.10 consideramos que no hay desalineamiento entre las piezas macho y hembra.

El ángulo α es el ángulo inferior de la pestaña.

El coeficiente de rozamiento es para superficies metálicas sin lubricar.

$$\alpha = 48^\circ$$

$$\mu_{estática} = 0,74$$

$$Nor * \cos \alpha + Froz * \sen \alpha = 150$$

$$Nor * \cos \alpha + \mu * Nor * \sen \alpha = 150$$

$$Nor = 123N$$

4.3.2.-Fuerzas en la pestaña

Una vez conocido la fuerza normal, realizaremos un equilibrio de fuerzas horizontal en la pestaña para poder conocer la fuerza del muelle. La fuerza normal al igual que la fuerza de rozamiento, tendrán el mismo valor que en el caso anterior pero sentido opuesto (Figura 4.11).

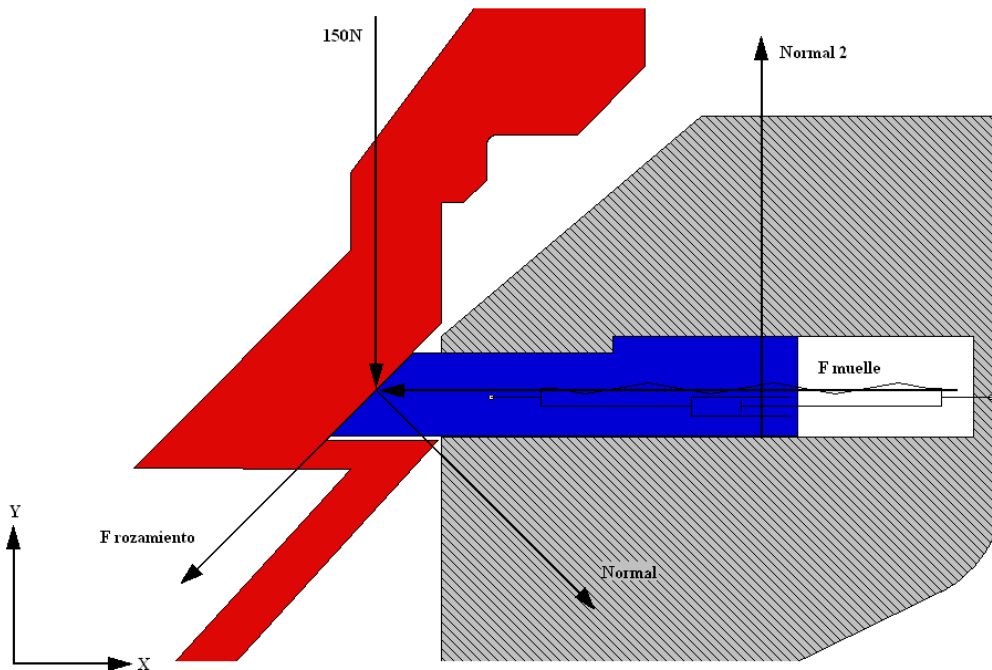


Figura 4.11. Fuerzas en la pestaña

Fuerzas en horizontal

$$\alpha = 48^\circ$$

$$\mu_{estática} = 0,74$$

$$Nor * \sen \alpha - Froz * \cos \alpha - Fmuelles = 0$$

$$Nor * \sen \alpha - \mu * Nor * \cos \alpha - Fmuelles = 0$$

$$Fmuelles = 0.248Nor$$

$$Fmuelles = 30N$$

Conviene considerar una tensión mayor en el muelle para absorber el rozamiento entre la pestaña y su cajeadado en la pieza hembra, para ello usaremos un coeficiente de seguridad de 1,3. Esta fuerza sería aquella necesaria si solo pusiésemos una pestaña, en nuestro diseño constará de tres pestañas y por lo tanto la fuerza se repartirá entre los tres muelles de cada pestaña.

Tendremos una fuerza por muelle de:

$$N = 1,3$$

$$n_m = 3$$

$$F_{muelle} = \frac{N \cdot F_{muelles}}{n_m} = 13N$$

4.4.-Estudio en tres dimensiones. Fase conceptual.

Se realizó un estudio en tres dimensiones, con el fin de poder ver mejor el funcionamiento de la fijación. El estudio se centro en los dos últimos casos propuestos en dos dimensiones, pues el primer caso es una solución menos eficiente.

En este estudio se considera que existen tres pestañas equiespaciadas y situadas en un mismo plano perpendicular al eje de la unión.

4.4.1.- Anclaje con las pestañas en el macho

Hembra

Se colocaron tres puntos de anclaje separados 120° cada uno con el fin de que siempre hubiese alguna pestaña trabajando y se pudiesen cubrir todos los ángulos de funcionamiento. En la Figura 4.12 se pueden ver dos de los tres puntos de anclaje.

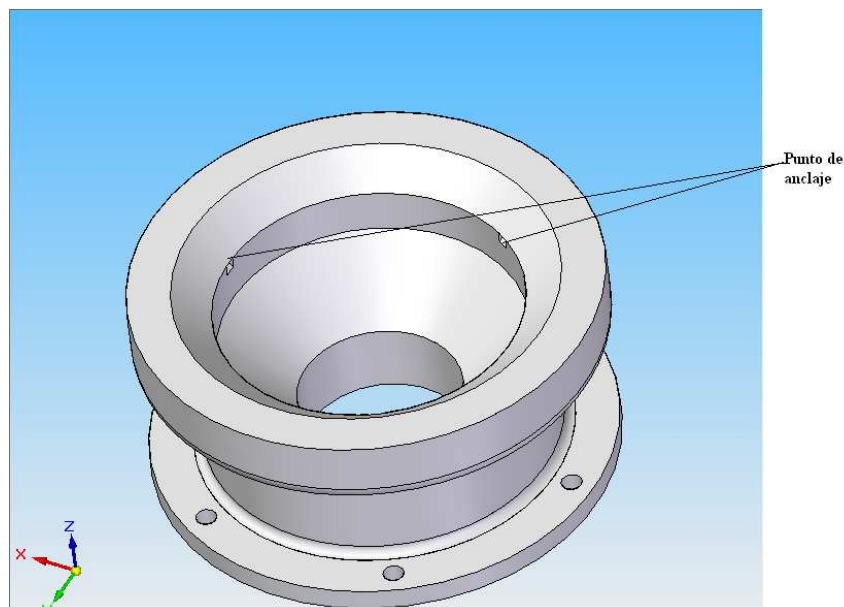


Figura 4.12. Puntos de anclaje en la hembra

Macho.

El macho también dispondrá de tres zonas separadas 120° donde se ubicará los resortes y las pestañas.

En la Figura 4.13 se puede ver dos de los orificios de salida de las pestañas

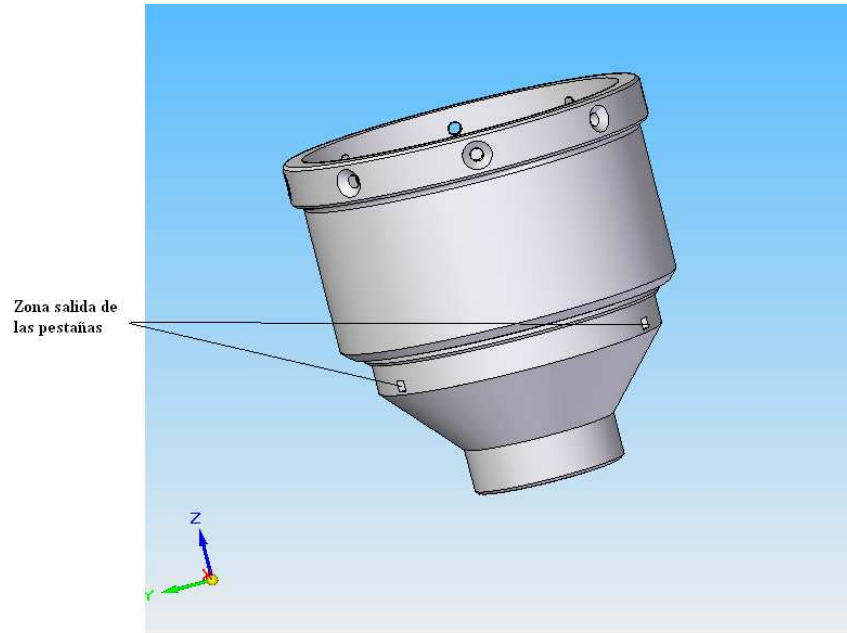


Figura 4.13. Orificios de salida de las pestañas en el macho.

En la Figura 4.14 se muestra donde irán ubicados las pestañas y los resortes

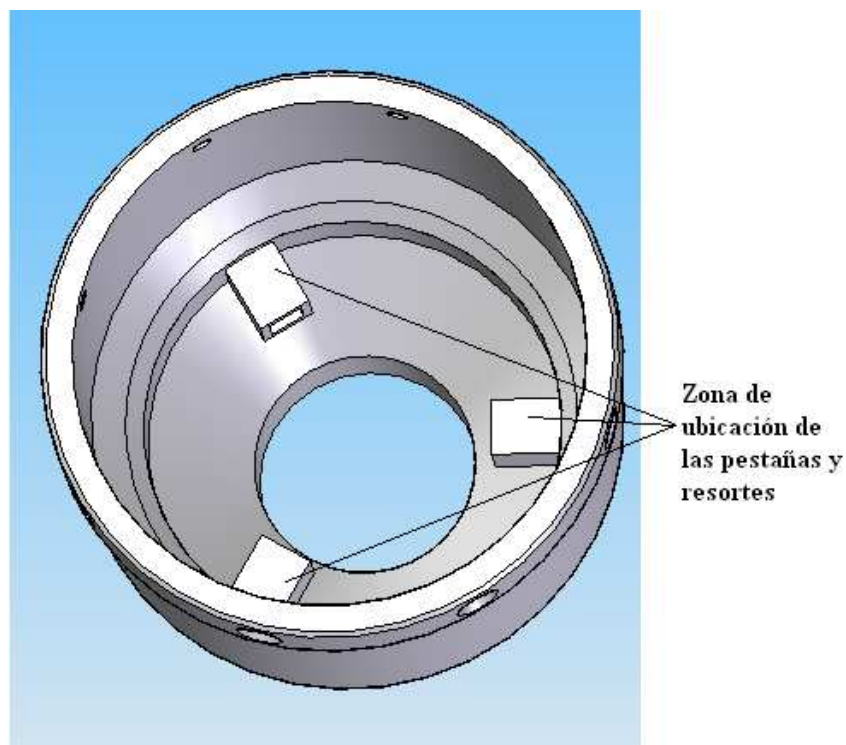


Figura 4.14. Macho. Ubicación de pestañas y resortes

Pestaña, resorte y tapa

La pestaña posee una parte mas ancha en la parte posterior, para hacer tope en el macho. También dispone de un cilindro en la parte posterior donde irá alojado el resorte (Figura 4.15).

La tapa (rojo) irá colocada sobre el macho en la parte posterior de la zona de ubicación del resorte y la pestaña, también dispone de un cilindro en su parte anterior para la colocación del resorte (Figura 4.16).

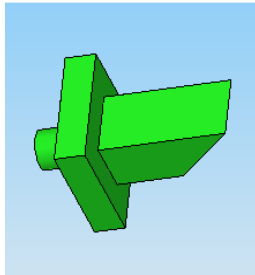


Figura 4.15. Pestaña

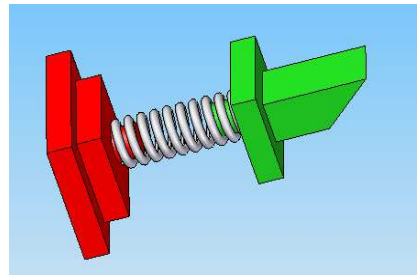


Figura 4.16. Conjunto Tapa y Pestaña

Conjunto

En la figura 4.17 observamos un corte del conjunto donde diferenciamos claramente todos los elementos descritos anteriormente

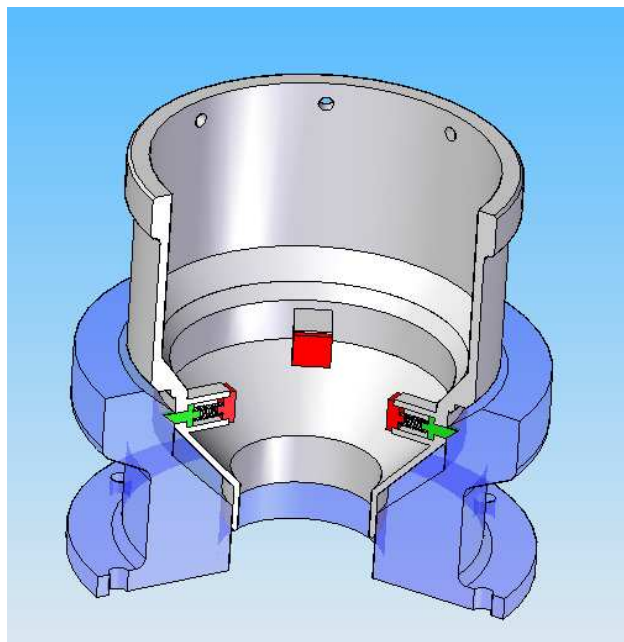


Figura 4.17. Conjunto

4.4.2.- Anclaje con las pestañas en la hembra.

Hembra

La Figura 4.18 muestra la hembra con las pestañas y resortes montados. Al igual que en caso anterior pondremos tres pestañas para cubrir todos los ángulos de funcionamiento.

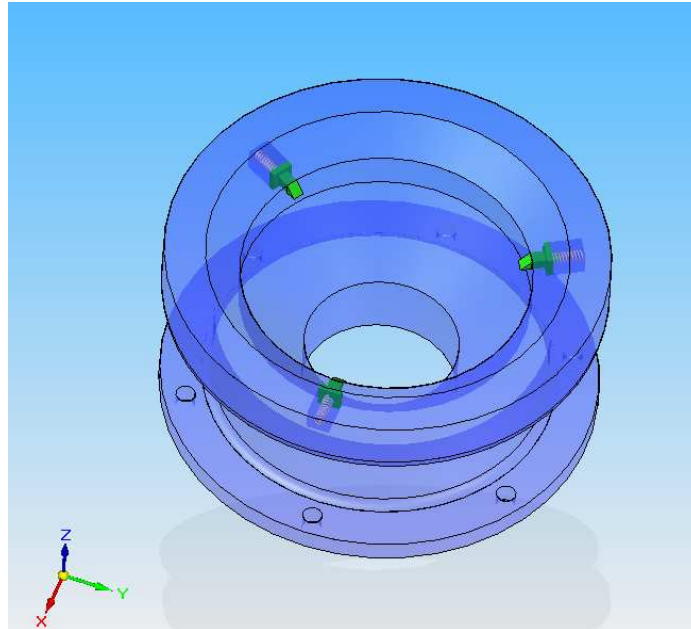


Figura 4.18. Hembra con las pestañas

Macho

La Figura 4.19 muestra el macho con los tres orificios para recibir a las pestañas, en la figura solo se ven dos de estos.

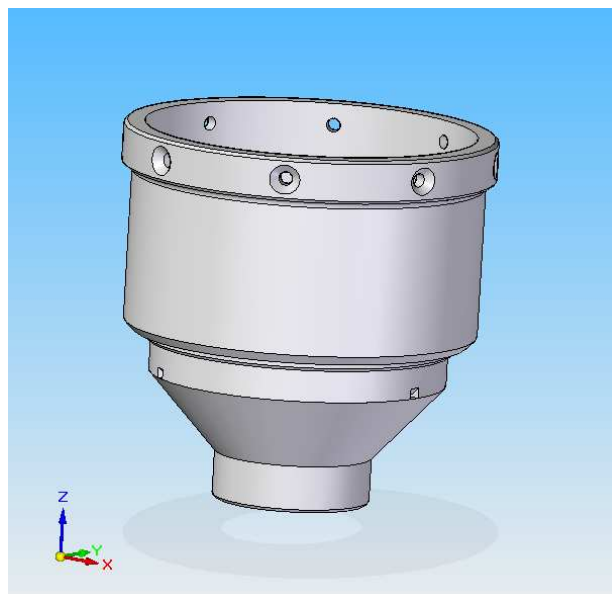


Figura 4.19 Macho

Conjunto

Las Figuras 4.20 y 4.21 muestran el conjunto acoplado de las dos piezas

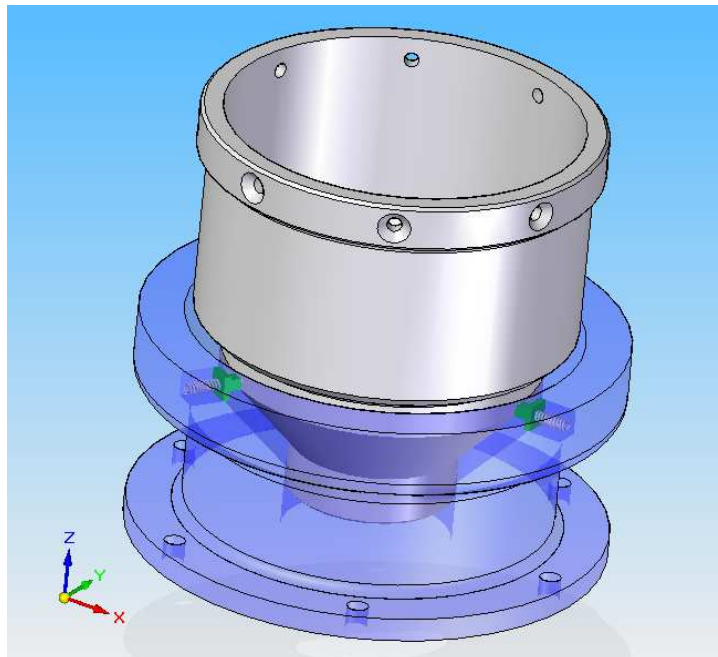


Figura 4.20 Conjunto con pestañas en la hembra

Tenemos un corte sobre la pieza donde podemos observar dos de los anclajes (Figura 4.21)

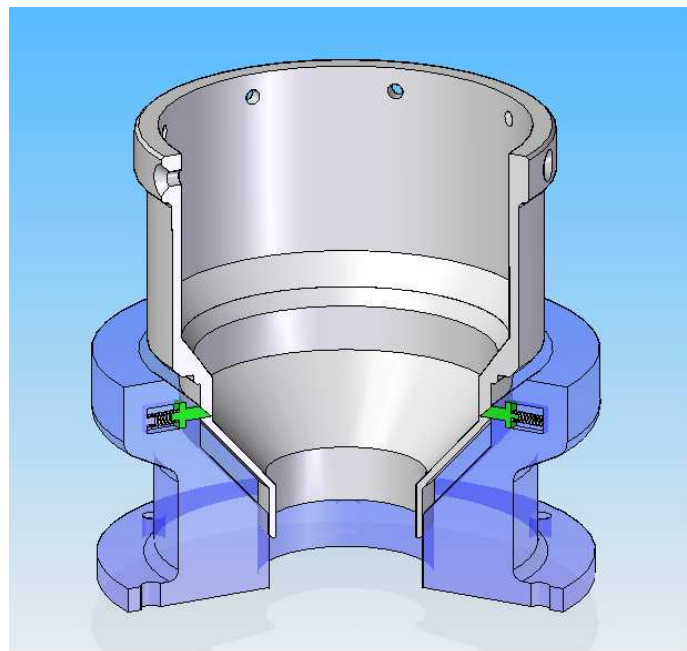


Figura 4.21. Conjunto. Sección

4.5.-Conclusión

El caso más desfavorable sería el expuesto en la figura 4.22, en el que el robot se encuentra en posición horizontal anclado al techo. Al intentar desacoplarse (en el caso de la figura se intenta desacoplar la hembra de la derecha), las pestañas situadas en el otro extremo deberán no solo aguantar el peso del robot (P) sino también las fuerzas necesarias para poder liberar la hembra (F).

Por ello se propone un anclaje en giro, de tal manera para acoplarse y desacoplarse el robot tenga que realizar un giro, en lugar de un desplazamiento vertical, evitando que todas las fuerzas vayan en el mismo sentido.

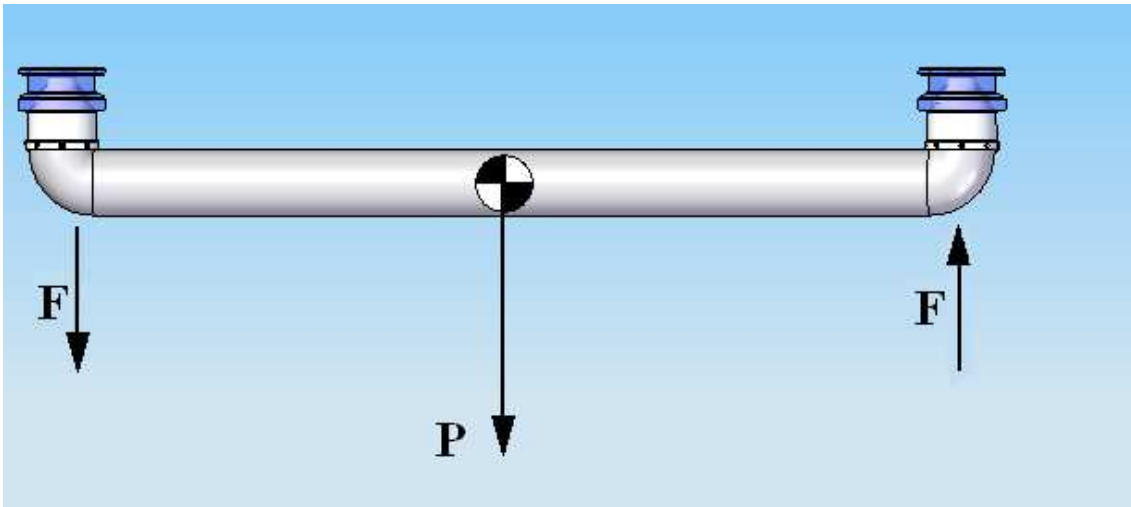


Figura 4.22. Fuerzas en el anclaje vertical.

5.- ANCLAJE EN GIRO

5.1.- Introducción.

Una segunda opción es que el anclaje se realice con un giro. La pestaña entraría por un hueco en la hembra y mediante un giro la pestaña iría recorriendo una guía, comprimiendo el muelle hasta llegar un punto en el que la pestaña se acoplase en la zona de anclaje, para desanclarse tendrá que hacer un sobreesfuerzo que dependerá del muelle, el coeficiente de rozamiento y el ángulo que tengamos en la zona de anclaje.

En la Figura 5.1 se puede ver la pestaña en la zona de entrada, descenderá y seguirá el carril en un giro sobre el eje Z hasta acoplarse en la zona de anclaje como se observa en la segunda imagen.

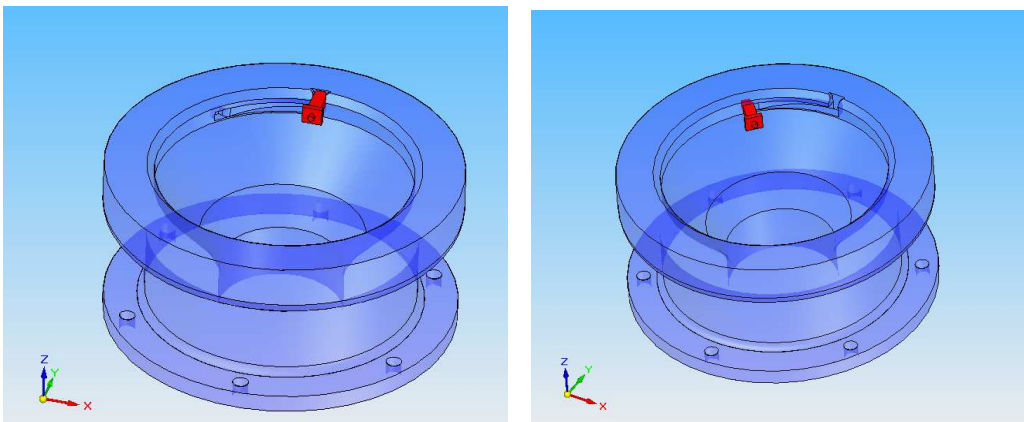


Figura 5.1. Acoplamiento con giro

En la figura 5.2 hemos realizado un corte tanto en el macho como en la hembra, con el fin de poder visualizar el movimiento que realizará el macho al acoplarse a la hembra, observando la guía que tendrá que seguir la pestaña y como quedará acoplada.

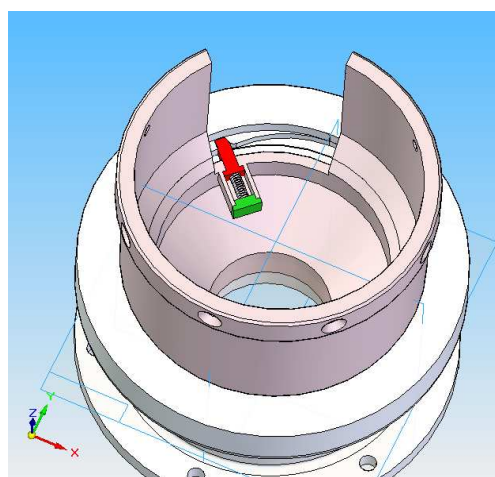


Figura 5.2. Acoplamiento en giro. Sección

Gracias a este sistema conseguimos que el peso y la fuerza que necesita nuestro robot para desanclarse nunca actúen en la misma dirección, como en el caso del anclaje vertical

5.2.- Diseño

Una vez tenemos la idea de cómo va a ser el funcionamiento de nuestro anclaje, nos disponemos a realizar un diseño en 3D con el fin de poder visualizar el conjunto y su funcionamiento.

Las piezas diseñadas en esta primera fase conceptual se irán modificando según se vaya estudiando la geometría y fuerzas de las piezas, llegando a un diseño con más detalles y que ya no solo tendrá en cuenta su correcto funcionamiento, sino que tendrá que ser posible su mecanizado y su ensamblaje final, llegando al diseño definitivo de nuestro conjunto.

5.2.1- Fase conceptual

Lo primero que se realizó fue un estudio en tres dimensiones en el Solid Edge con el fin de poder estudiar y poder ver el comportamiento de nuestro anclaje. Para ello se realizó un diseño de los componentes que necesitaremos para nuestro anclaje.

Para aguantar las fuerzas en el eje axial (Z) se puede utilizar el sistema de sujeción que ya estaba implementado en la versión anterior, consistiendo en tres salientes tanto en el macho como en la hembra, que mediante un giro se ponen en contacto impidiendo el movimiento axial (Figuras 5.3, 5.4)

Macho

El macho es similar al estudiado en el anclaje vertical con las pestañas en el macho, podemos ver los salientes que ya estaban implementados en la versión anterior, estos nos soportarán las cargas axiales, mientras que nuestras pestañas solo tendrán que soportar las cargas radiales. El hueco de la salida de la pestaña está colocada con el fin de que el ángulo de giro sea lo mas grande posible (Figura 5.3).

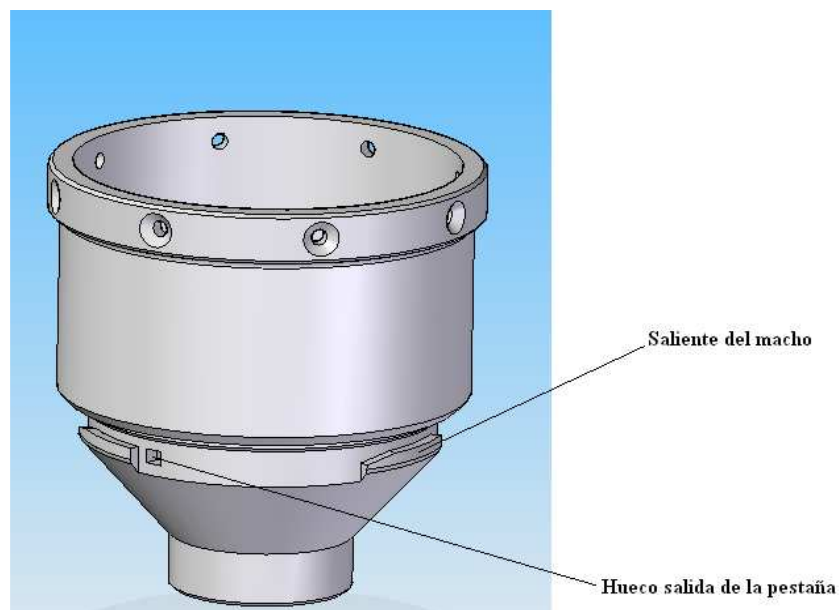


Figura 5.3. Macho. Giro

Hembra

Consecuentemente, la configuración de la hembra se muestra en la Figura 5.4. Donde tenemos los salientes que absorberán la carga axial, al trabajar solidariamente con el macho, una vez se haya anclado con este, y donde también podemos ver la zona de entrada de la pestaña.

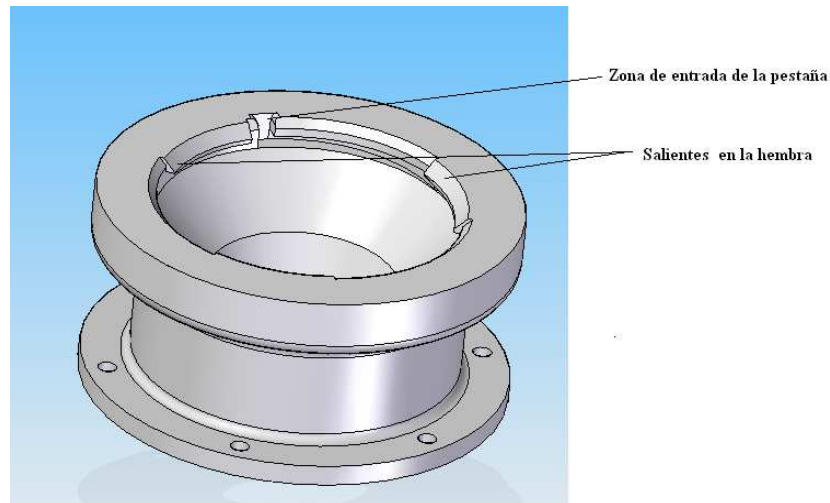


Figura 5.4. Hembra. Giro

Se ha realizado un corte a la hembra a la altura del carril por donde se anclará la pestaña con el fin de poder visualizarlo para su comprensión (Figura 5.5). En dicho recorrido podemos distinguir tres tramos, el primero sería la zona de entrada de la pestaña, donde la pestaña descendería perpendicularmente a la hembra, la segunda sería la guía, en la cual la pestaña iría siguiéndola tanto en el anclaje como en el desanclaje, y una tercera zona, la cual sería la zona de anclaje, en la que la pestaña quedaría totalmente acoplada.

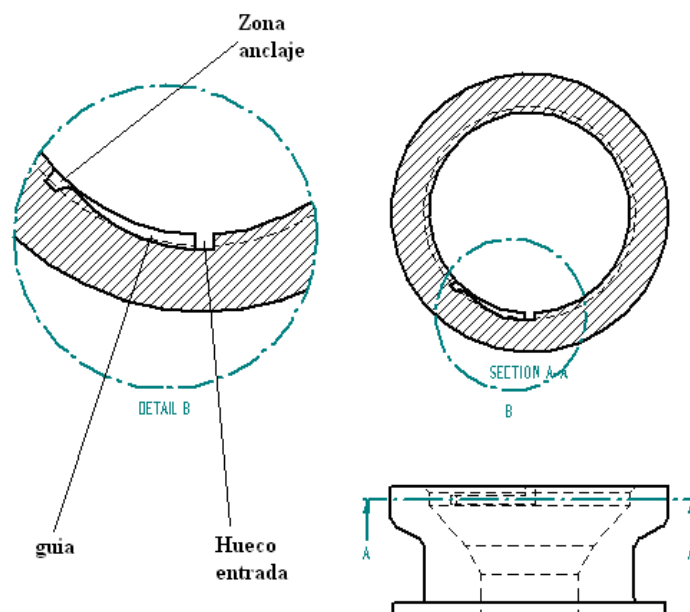


Figura 5.5. Hembra con alojamiento

Conjunto

Podemos ver un corte en el macho y en la hembra para poder visualizar mejor los componentes anteriormente descritos y como quedarían ensamblados unos con otros

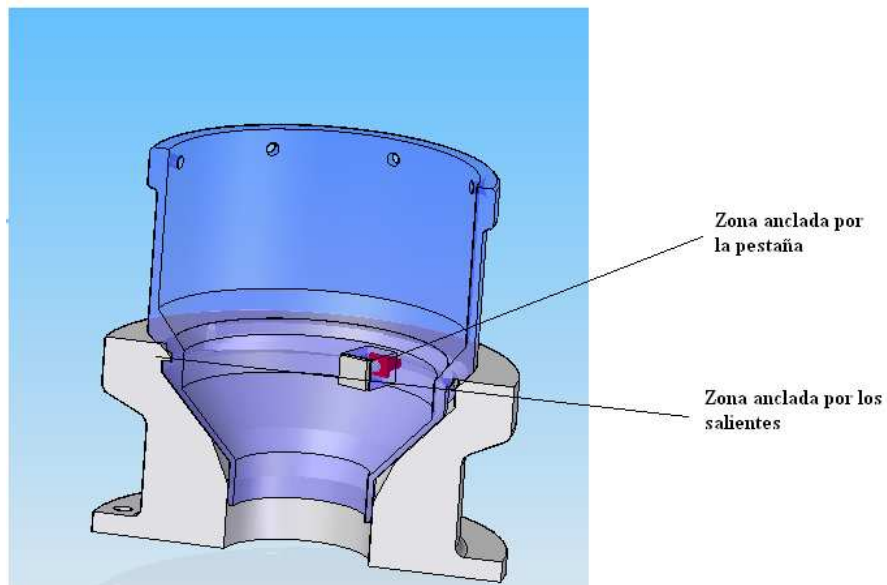


Figura 5.6. Conjunto. Giro

Las figuras 5.7 muestran un corte en planos del conjunto con las dos piezas acopladas.

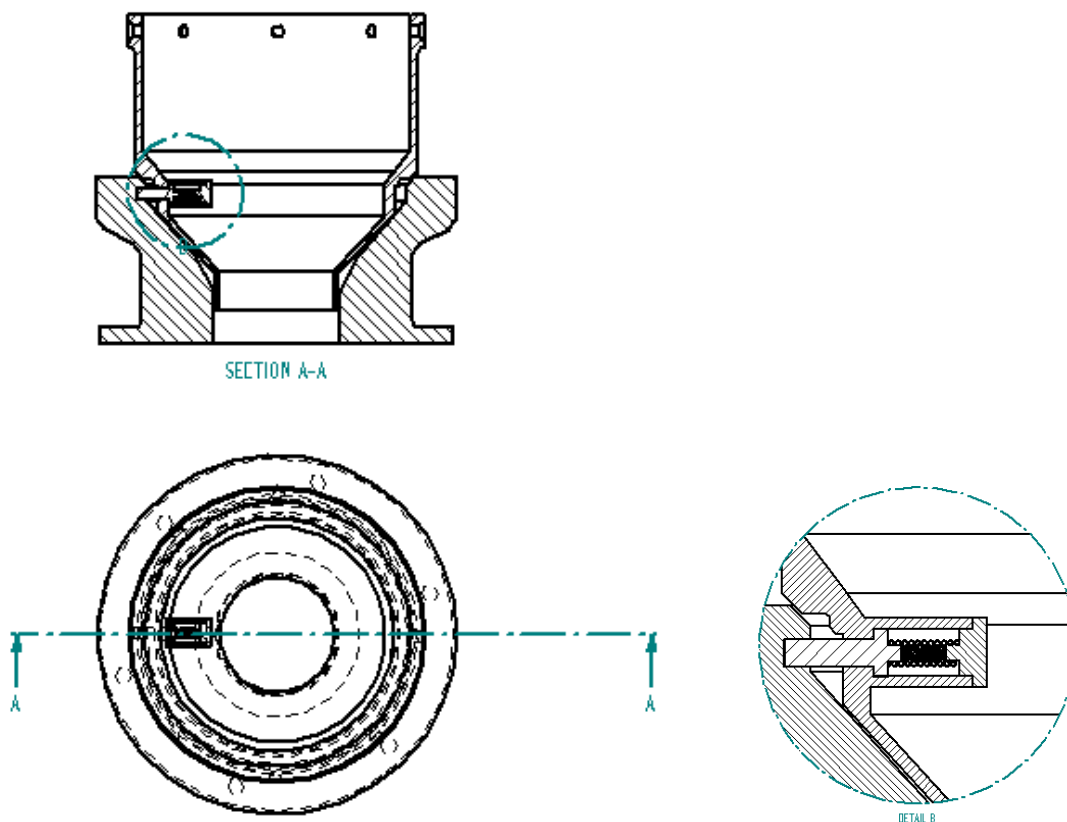


Figura 5.7. Acoplamiento en giro

5.2.2.- Diseño definitivo.

Según se iba avanzando en el proyecto, hubo que realizar cambios en nuestro ensamblaje, muchos de ellos fueron por problemas a la hora del montaje y otros por problemas al mecanizar la pieza.

Macho.

En el diseño del macho nos encontramos con diversos problemas a la hora de mecanizado. Los huecos que albergarían las pestañas y muelles serían costosos de fabricar y de difícil mecanizado, para ello se optó por instalar una plataforma, la cuál irá atornillada al macho (Figura 5.8), que servirá de soporte a los demás componentes (muelles, corredera, pestañas).

Las correderas se diseñarían en dos partes, una sería la propia corredera, la cuál irá atornillada al soporte y otra una tapa atornillada a la corredera. La necesidad de instalar esta tapa es para facilitar el montaje a la hora de introducir el resorte y la pestaña en la corredera.

En la siguiente figura podemos ver el soporte y las distintas piezas que la componen.

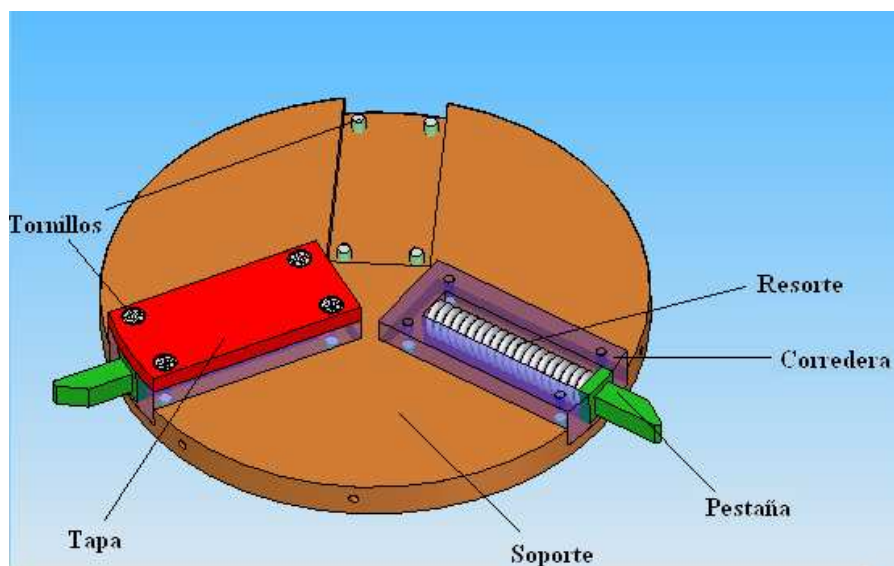


Figura 5.8. Conjunto soporte

En el siguiente corte del conjunto (Figura 5.9) vemos el soporte descrito anteriormente con todos sus componentes, además podemos observar uno de los tornillos encargados de fijar el soporte al macho.

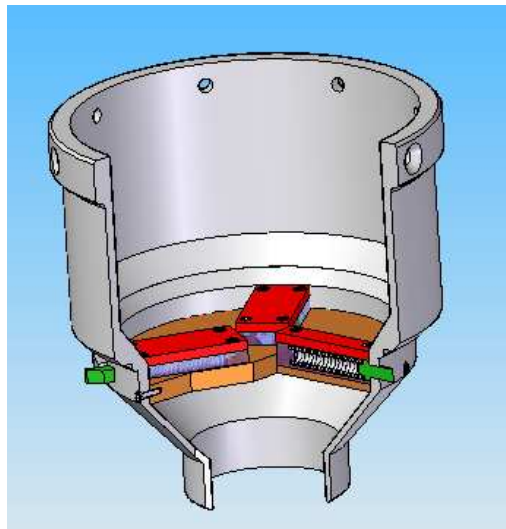


Figura 5.9. Corte macho con soporte

Hembra

Para la fabricación de la hembra nos encontramos con diversos problemas a la hora de poder mecanizar el carril por donde irá la pestaña y donde se anclará. Por ello se optó por separar la hembra en tres partes, una tapa superior donde se encuentran los salientes encargados en impedir el movimiento vertical, una tapa intermedia en la que encontraríamos el mecanizado del carril por donde iría y se anclaría la pestaña y una parte posterior o chasis correspondiente a la base de la hembra. Estas tres partes se unirán mediante 6 tornillos (Figura 5.10).

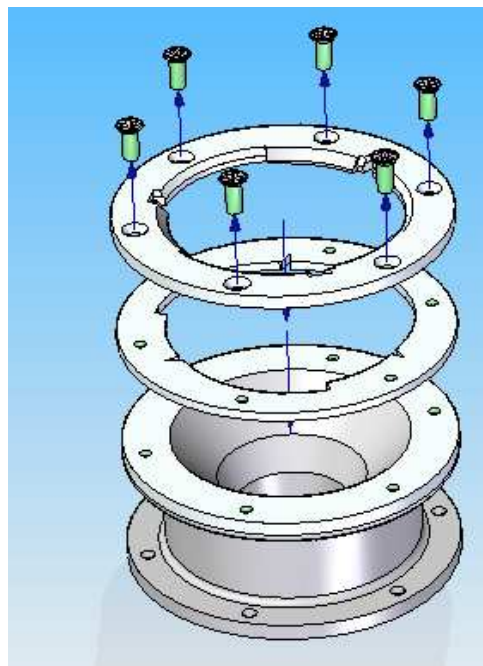


Figura 5.10. Explosionado hembra

5.3.- Cálculos justificativos

5.3.1.- Dimensionado de la pestaña

Lo primero será realizar un estudio del dimensionado de la pestaña para comprobar su viabilidad, para ello disponemos de dos variables de diseño, los cuales serán el material utilizado y el ángulo de la pestaña, estos dos parámetros de diseño serán los que determinen la fuerza que deberá realizar el muelle para mantener el robot ASIBOT en equilibrio.

Se realizó un balance de fuerzas en este nuevo estudio para evaluar cual sería el mejor ángulo en la pestaña.

Fuerzas en el ASIBOT.

Cogemos el caso más desfavorable para el análisis de las fuerzas, que sería con la pieza hembra anclada a la pared (eje en posición horizontal) con el brazo totalmente extendido. En este caso hay dos fuerzas actuantes: una sería el propio peso del ASIBOT (130N), y otro una carga máxima de 20 N en el extremo del brazo (Figura 5.11).

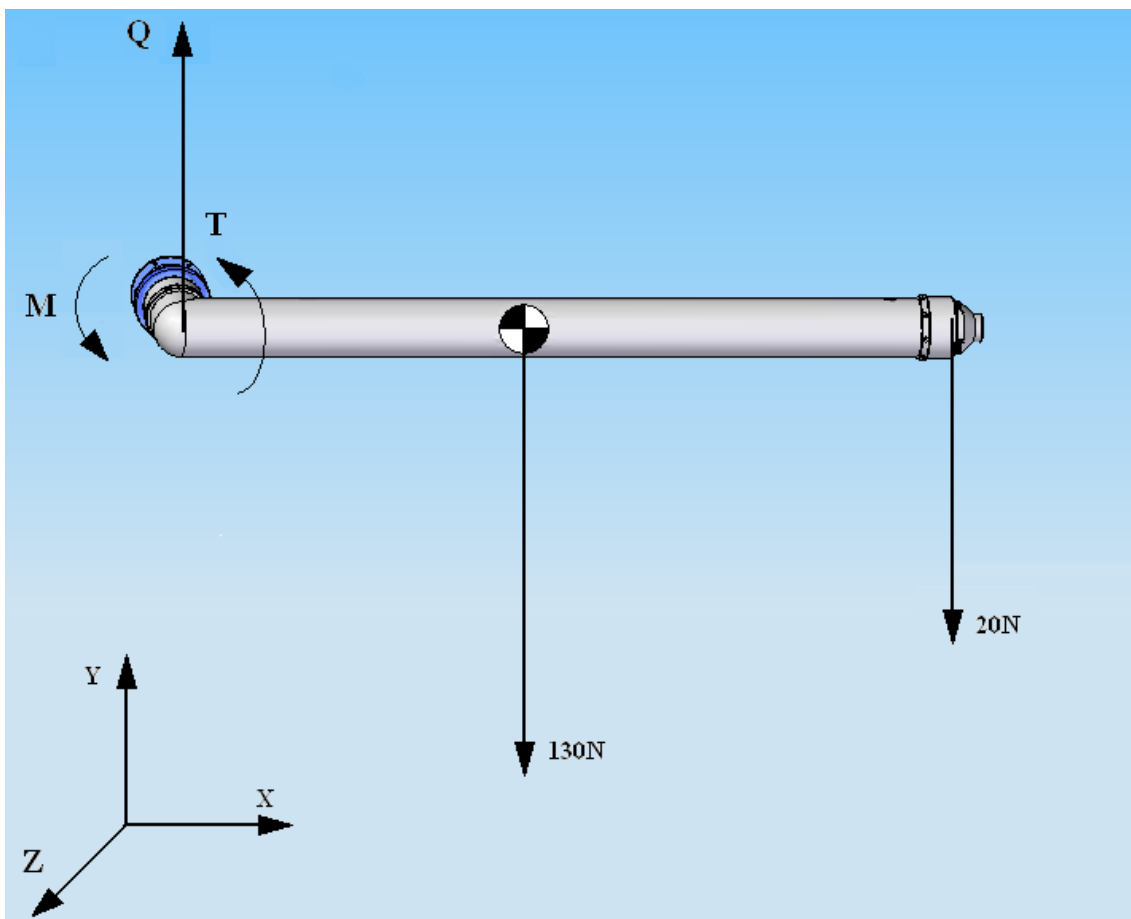


Figura 5.11. Fuerzas exteriores

Donde tenemos que:

Lb: Longitud del brazo, 1,4m

P: Peso del conjunto, 130N

C: Carga máxima en el extremo, 20N.

Q: Cortante, este deberá ser la suma de las fuerzas verticales, 150N. Este esfuerzo lo deberán soportar las partes del macho y de la hembra que se encuentran en contacto.

M: Momento en la pestaña en sentido Z positivo (será una fuerza, que llamaremos F, por la distancia al centro de la hembra, esta será de 0,056m).

T: Momento en sentido X negativo (Será la fuerza debido al peso y a la fuerza externa por la distancia hasta los salientes del macho y la pestaña). Este esfuerzo lo soportarán principalmente los salientes del macho y la hembra.

Se supone el CDM en la mitad del brazo

Momento que debe soportar la pestaña.

Para conseguir el equilibrio se toman momentos en el centro de la hembra, que sería el eje de giro de todo el conjunto.

$$M = P \cdot \frac{Lb}{2} + C \cdot Lb \quad \text{Ecuación 5.1}$$

$$0,056 \cdot F = 130 \cdot 0,7 + 20 \cdot 1,4$$

$$F = 2125N$$

Nota: El cálculo es si toda la fuerza la tuviera que soportar una sola pestaña.

Fuerzas que deberá aportar el resorte.

Se calcula la fuerza que deberá realizar el muelle mediante un equilibrio de fuerzas (Figura 5.12), podemos distinguir una fuerza de rozamiento entre las dos superficies en contacto, la hembra y la pestaña, una fuerza normal a la superficie, la fuerza del resorte y por último la fuerza que deberemos vencer de 2125N.

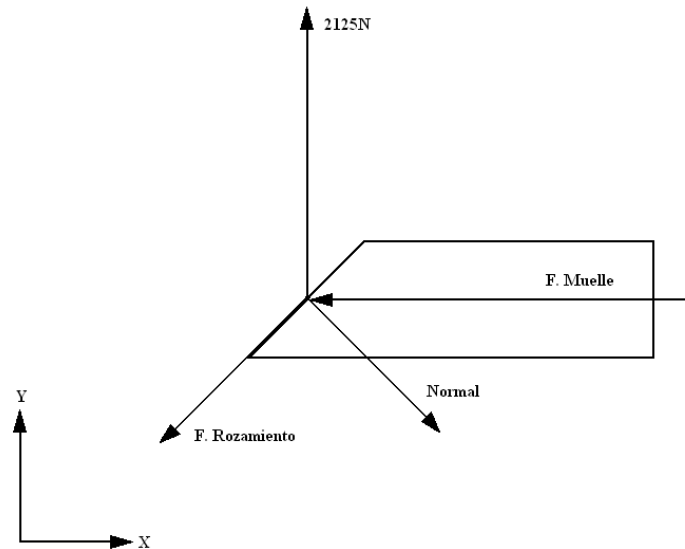


Figura 5.12. Fuerzas actuantes.

Para resolver el equilibrio de fuerzas lo primero que realizaremos es una descomposición de fuerzas en el eje “x” (fuerzas horizontales) y en el eje “y” (fuerzas verticales), en función del ángulo inferior de la pestaña α . Como deberá estar en equilibrio el sumatorio de fuerzas será cero.

Fuerzas verticales:

$$\begin{aligned}
 F_p &= 2125N \\
 \sum F_v &= 0 \\
 F_p - Nor \cdot \cos \alpha - F_{Roz} \cdot \operatorname{sen} \alpha &= 0 \\
 F_p - Nor \cdot \cos \alpha - Nor \cdot \mu \cdot \operatorname{sen} \alpha &= 0 \\
 Nor &= \frac{F_p}{\cos \alpha + \mu \cdot \operatorname{sen} \alpha}
 \end{aligned}$$

Fuerzas horizontales:

$$\begin{aligned}
 \sum F_H &= 0 \\
 F_{muelle} + F_{Roz} \cdot \cos \alpha - Nor \cdot \operatorname{sen} \alpha &= 0 \\
 F_{muelle} + Nor \cdot \mu \cdot \cos \alpha - Nor \cdot \operatorname{sen} \alpha &= 0 \\
 F_{muelle} &= Nor \cdot (\operatorname{sen} \alpha - \mu \cdot \cos \alpha)
 \end{aligned}$$

$$F_{muelle} = \frac{F_p \cdot (\operatorname{sen} \alpha - \mu \cdot \cos \alpha)}{(\cos \alpha + \mu \cdot \operatorname{sen} \alpha)} \quad \text{Ecuación 5.2}$$

Como podemos observar la fuerza que deberá proporcionarnos el muelle dependerá del ángulo con el que diseñemos la pestaña y con el coeficiente de rozamiento entre las dos superficies.

Estudio del coeficiente de rozamiento

El coeficiente de rozamiento vendrá determinado por los materiales puestos en contacto, para ello se estudiaron tres casos posibles:

El primero sería que las dos partes en contacto (Hembra y pestaña), fuesen de acero, conseguiríamos que la resistencia tanto de la hembra como de la pestaña fuesen mayores que si utilizásemos aluminio, aumentaría las propiedades mecánicas de ambas y el coste de fabricación sería el menor de las tres opciones, pero también obtendríamos un peso mayor.

El segundo sería fabricar la pestaña de acero, aumentando la resistencia de la pestaña, pues es la parte mas débil del mecanismo, y la hembra de aluminio disminuyendo el peso de la hembra, la desventaja de esta segunda opción es un posible desgaste de la ranura de la hembra, que está fabricado de un material mas blando que el de la pestaña, pudiendo está desgastar la pared de la hembra.

El tercer caso es que tanto la hembra como la pestaña fuesen de aluminio, disminuyendo el peso del conjunto, habrá que comprobar si las piezas sometidas a esfuerzos soportan las condiciones deseadas, también decir que esta es la opción más costosa de las tres.

Coefficientes de rozamiento de los materiales en contacto

Superficies en contacto	Coefficiente estático μ_e
Aluminio sobre Aluminio	0,57
Acero sobre acero	0,74
Aluminio sobre acero	0,61

Tabla 5.1. Coeficientes de rozamiento

Estudio del ángulo de la pestaña.

Estudiaremos en este apartado la fuerza que nos deberá aportar el muelle en función de los materiales de los que están hechos la pestaña y la hembra y el ángulo de nuestra pestaña.

Como tendremos tres pestañas también dividiremos la fuerza entre estas, añadiendo un coeficiente del 30%, teniendo en cuenta los errores de mecanizado de las piezas, diferentes tensiones en resortes, etc. Gráficamente podremos comprobar como varía la fuerza que necesitamos en nuestro muelle en función de cómo variaremos el ángulo de la pestaña.

La fórmula utilizada será la obtenida en el apartado fuerzas horizontales, esta fórmula se ha corregido para tener un factor de seguridad de un 30% y teniendo en cuenta que actúan tres pestañas.

α = ángulo de la pestaña

C= Coeficiente de seguridad (1,3)

n= n ° de pestañas (3)

μ = coeficiente de rozamiento

F_p = Fuerza en la pestaña (2125N)

$$F_{muelle} = \left(\frac{F_p \cdot (\sin \alpha - \mu \cdot \cos \alpha)}{(\cos \alpha + \mu \cdot \sin \alpha)} \right) \cdot \frac{C}{n} \quad \text{Ecuación 5.3}$$

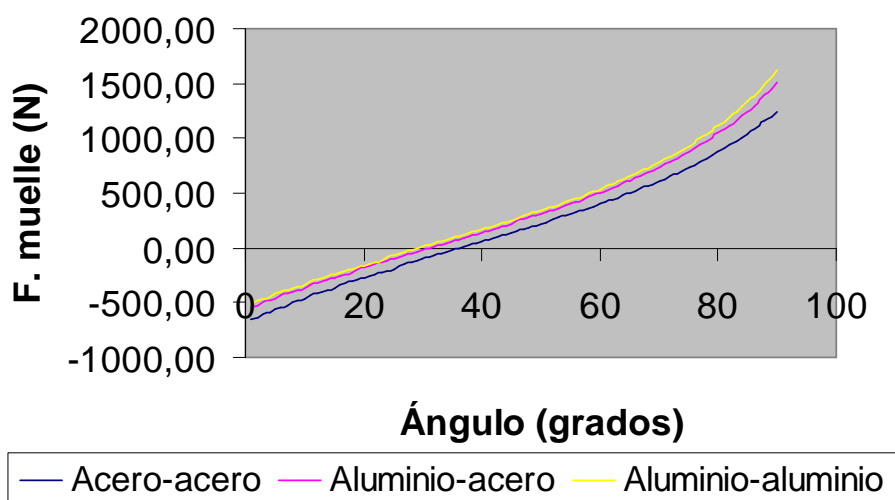


Figura 5.13. Ángulo de la pestaña en función de la fuerza del muelle

Se observa que para los ángulos más pequeños obtenemos fuerza negativa, es decir la fuerza de rozamiento es lo suficientemente grande para evitar que la pestaña se desplace y se pueda liberar, los datos de la gráfica se encuentran en el anexo, apéndice 3.

Conviene tener el muelle cargado siempre, esto evitará vibraciones en la pestaña aunque, por el contrario, aumentará ligeramente la dificultad para introducir el macho en la hembra, por ello se elegirá un ángulo que nos proporcione al menos 50N de precarga en la pestaña, este será de 33°, necesitando 53N de precarga (Anexo. Apéndice 3)

5.3.2.- Sistemas para sustituir al resorte

Una opción más elegante al muelle, era la de colocar una pieza prismática, de sección rectangular que hiciese la función del muelle, aportándonos los 53N de precarga para la cuál lo estamos diseñando, y se doblase lo suficiente para que se pudiera desacoplar la pestaña, para ello dicha pieza prismática debería trabajar siempre en su zona elástica.

5.3.2.1.-Dimensionado de voladizo que sustituirá al resorte

Sustituiremos el resorte por una pieza metálica de sección cuadrada (Figura 5.14) empotrada por un extremo (punto A), y que deberá permitir que se pueda replegar la pestaña, para ello el punto B deberá desplazarse 6,16mm (Figura 5.15). El material siempre tendrá que trabajar en su parte elástica.

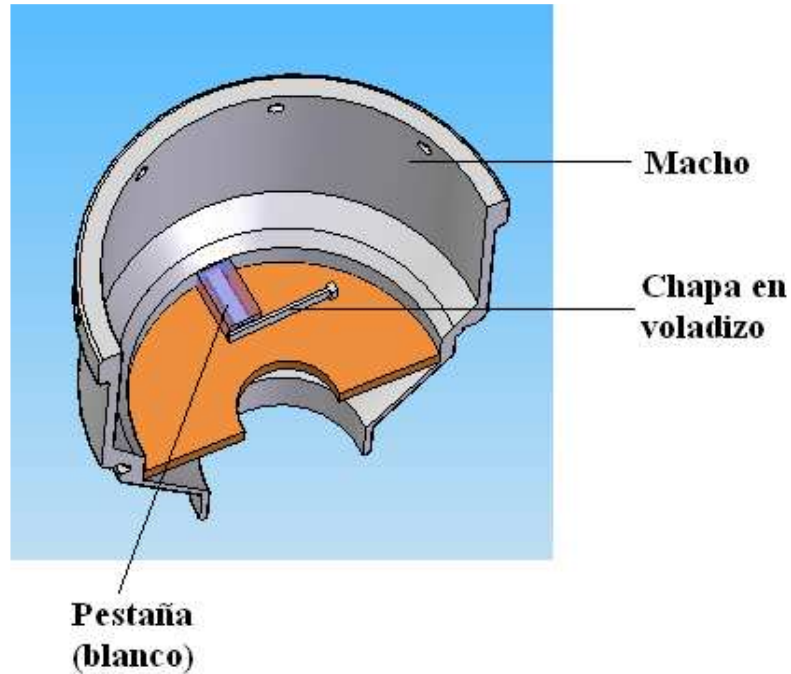


Figura 5.14 Ubicación de una chapa en voladizo.

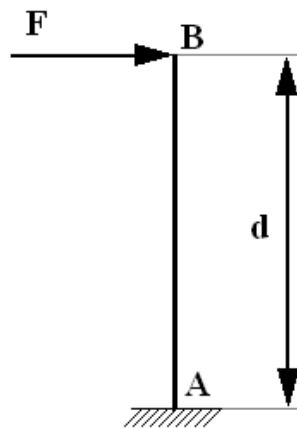


Figura 5.15. Esquema del voladizo

Cálculo de los esfuerzos

Calculamos primero los momentos flectores en la viga con el fin de conocer los movimientos y esfuerzos en esta (Figura 5.16).

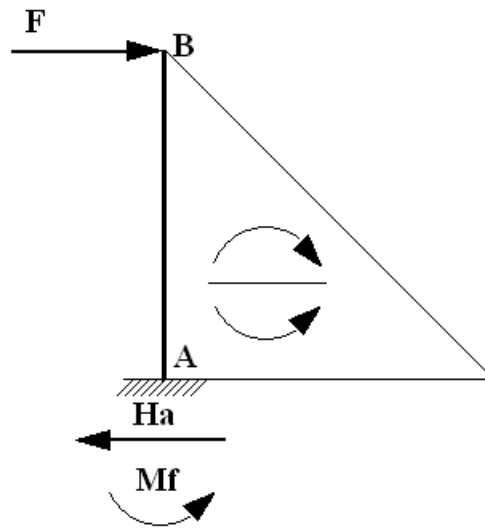


Figura 5.16. Momentos flectores. Voladizo

$$Mf = F \cdot d$$

$$Ha = F$$

Calculamos ahora cuanto debe ser el desplazamiento del punto B para garantizarnos una precarga de 53N, fuerza que debe soportar cada pestaña.

Datos

$$E = 210GPa$$

$$F = 53N$$

Cálculo

$$\vec{U}_B = \vec{U}_A + \vec{\theta}_A \cdot d_{A \rightarrow HB} + \frac{1}{E \cdot I} \cdot (AMf_{A \rightarrow B} \cdot d_{g \rightarrow HB})$$

$$\vec{U}_B = \frac{1}{E \cdot I} \cdot (AMf_{A \rightarrow B} \cdot d_{g \rightarrow HB})$$

$$\vec{U}_B = \frac{1}{E \cdot I} \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot F \cdot d^2 \cdot \frac{2}{3} \cdot d \right)$$

$$\vec{U}_B = \frac{F \cdot d^3}{3 \cdot E \cdot I}$$

Calcularemos la fuerza necesaria para desplazar los 6,16 mm que consiguen liberar la pestaña, más el U_B que nos proporciona la fuerza de precarga.

Datos

$$E = 210GPa$$

$$\vec{U}_{B2} = \vec{U}_B + 6,16$$

Cálculo

$$\vec{U}_{B2} = \vec{U}_A + \vec{\theta}_A \cdot d_{A \rightarrow HB} + \frac{1}{E \cdot I} \cdot (AMf_{A \rightarrow B} \cdot d_{g \rightarrow HB})$$

$$(\vec{U}_B + 6,16) = \frac{1}{E \cdot I} \cdot (AMf_{A \rightarrow B} \cdot d_{g \rightarrow HB})$$

$$(\vec{U}_B + 6,16) = \frac{1}{E \cdot I} \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot F \cdot d^2 \cdot \frac{2}{3} \cdot d \right)$$

$$F = \frac{3 \cdot E \cdot I \cdot (\vec{U}_B + 6,16)}{d^3}$$

Ecuación 5.4

Una vez que conocemos la fuerza que vamos a tener que aplicar para poder doblar lo suficiente la barra para desacoplar la pestaña y tener la precarga requerida nos disponemos a calcular la resistencia de nuestra pieza ante estas sollicitaciones y comprobar su resistencia.

Resistencia de materiales.

Para calcular la tensión que está soportando el voladizo, lo haremos por medio de resistencia de materiales, el momento máximo lo encontraremos justo en el empotramiento (Figura 5.17) por lo que este momento será la fuerza en el extremo por la distancia.

$$\sigma = \frac{M_x \cdot y}{I_x} = \frac{F \cdot d \cdot \frac{b}{2}}{\frac{1}{12} \cdot a \cdot b^3}$$

Ecuación 5.5

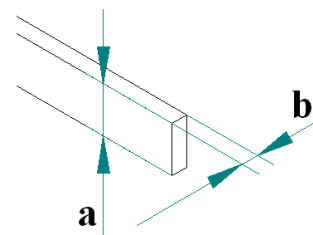


Figura 5.17. Resistencia del voladizo

Donde:

σ = Tensión

M_x = Momento en x

I_x = Momento de inercia

Y = Punto de máxima tensión

F = Fuerza necesaria para doblar lo suficiente el voladizo

a = altura

b = anchura

d = Longitud del voladizo

Resultados:

Calcularemos la resistencia en su parte más débil esta será en el empotramiento (Figura 5.18) que debe aguantar las distintas chapas si mantuviéramos la altura (a) fija en 4mm, que es el máximo que podemos introducir, por cuestiones de geometría en el macho, pues será la altura de la pestaña, y variaremos la anchura (b), (Figura 5.17).

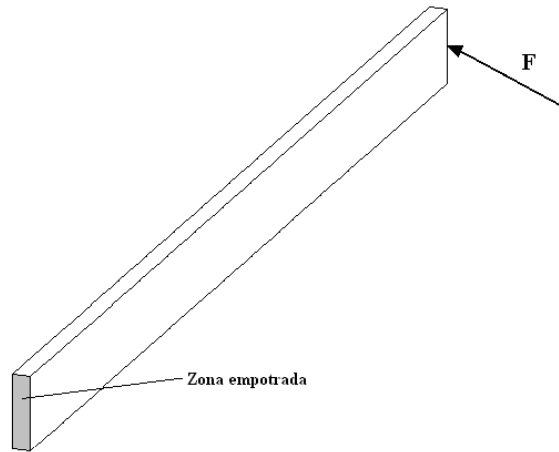


Figura 5.18. Sección. Voladizo

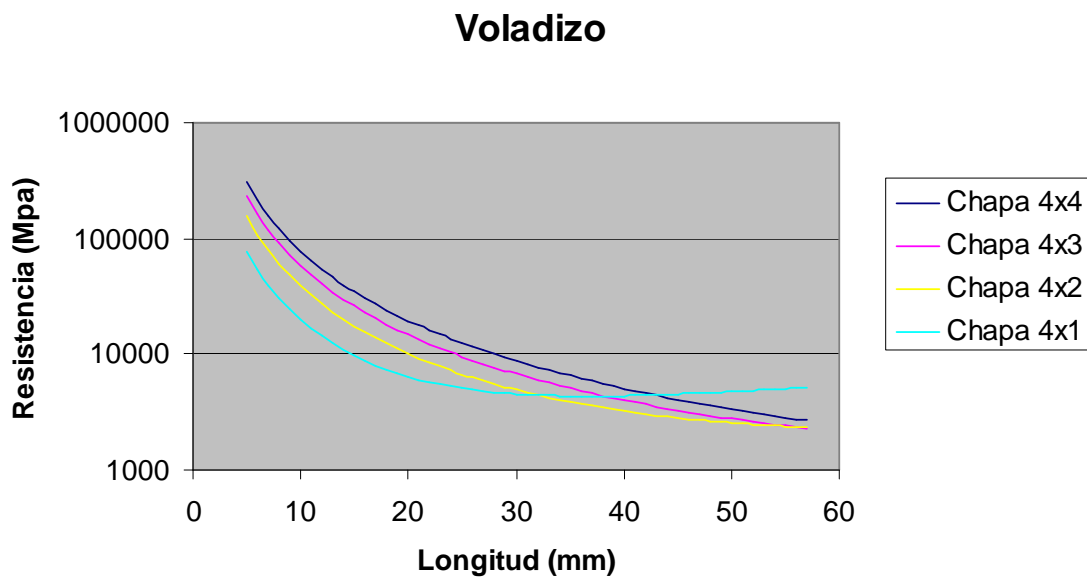


Figura 5.19. Longitud frente a resistencia de una chapa en voladizo

5.3.2.2.-Dimensionado de la viga biempotrada

También estudiaremos el caso de una viga biempotrada que se deforme por el punto medio, (Figuras 5.20 y 5.21), para ello primero calcularemos lo que se debe deformar la chapa por su parte central para poder proporcionar la precarga inicial y a continuación, deberemos calcular la fuerza que necesitará aguantar la chapa para poder deformarse lo suficiente para que la pestaña quede totalmente replegada, con todo ello valoraremos si la chapa resiste las sollicitaciones.

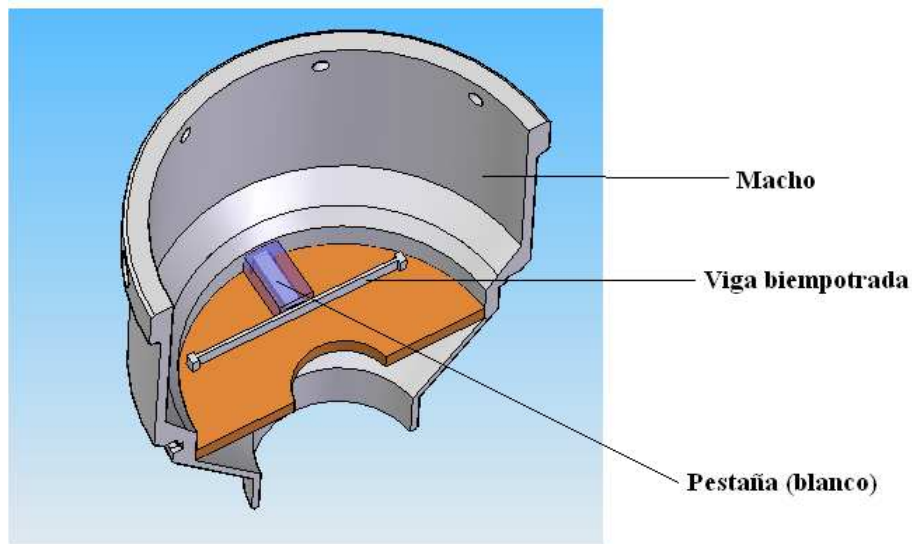


Figura 5.20. Sección 3D viga biempotrada

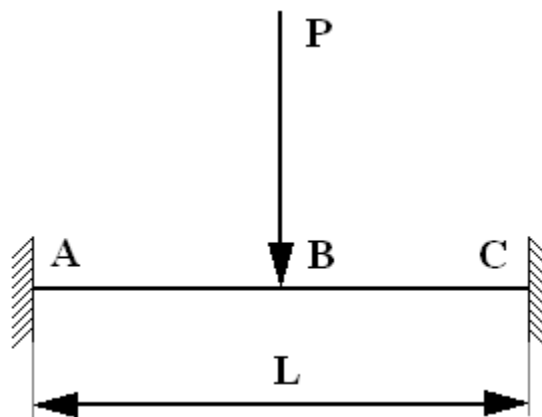


Figura 5.21. Viga biempotrada

Tenemos una viga biempotrada, por lo tanto es una viga hiperestática, con un grado de hiperestatismo externo de 3, como suponemos que no hay cargas en sentido horizontal solo calcularemos los momentos flectores y los cortantes en el empotramiento para ello dividiremos la estructura por superposición y añadiremos las condiciones de contorno.

En este caso se eliminará el empotramiento de la derecha y se sustituirá por la reacción vertical en el extremo y su momento flector, además se añadirán las condiciones de que en ese punto, tanto la flecha, como el giro, son nulos.

Dividimos la figura por superposición.

Para poder calcular las reacciones en los apoyos y los desplazamientos en la viga dividiremos esta en casos más sencillos, en la figura de abajo se ha quitado el empotramiento de la derecha y se ha sustituido por sus reacciones y se han introducido las restricciones de movimiento y giro (Figura 5.22).

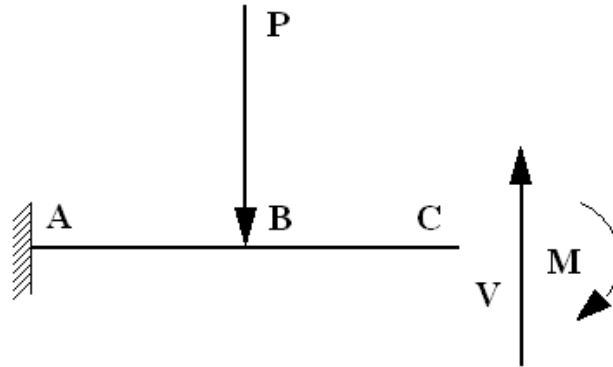


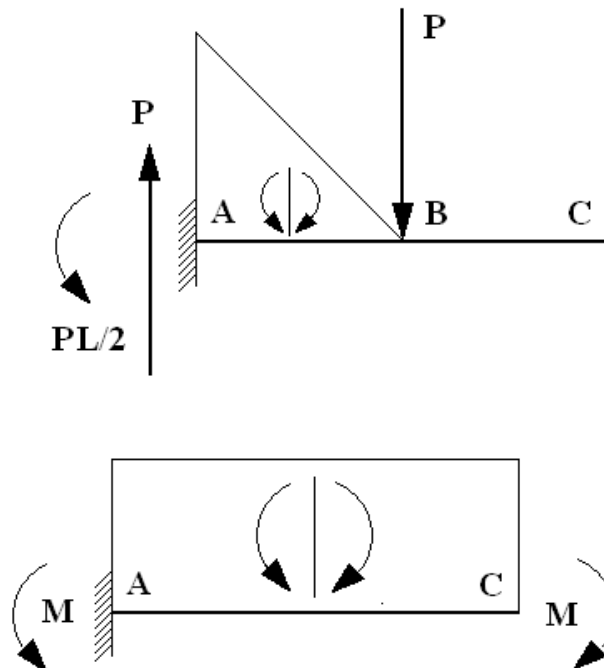
Figura 5.22. Descomposición. Viga biempotrada

Condiciones.

$$\bar{\theta}_C = 0$$

$$\downarrow v_C = 0$$

Calculamos los momentos flectores por superposición. (Figura 5.23)



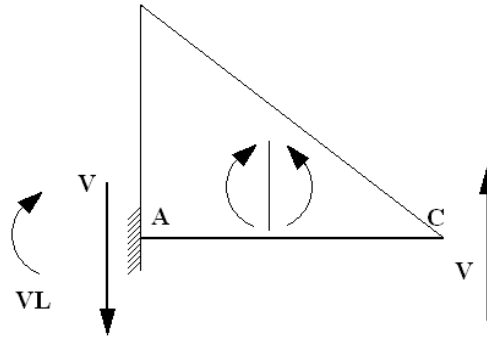


Figura 5.23. Momentos flectores. Viga biempotrada

Primero calculamos las reacciones en los apoyos

$$\bar{\theta}_C = \bar{\theta}_A + \frac{1}{E \cdot I} \cdot (AMf_{A \rightarrow C})$$

$$0 = 0 + \frac{1}{E \cdot I} \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{P \cdot L}{2} \cdot \frac{L}{2} + M \cdot L - \frac{1}{2} \cdot V \cdot L \cdot L \right)$$

$$M = \frac{1}{2} \cdot V \cdot L - \frac{1}{8} \cdot P \cdot L$$

$$\downarrow v_C = \downarrow v_A + \bar{\theta}_A \cdot d_{A \rightarrow VC} + \frac{1}{E \cdot I} \cdot (AMf_{A \rightarrow C} \cdot d_{g \rightarrow VC})$$

$$0 = 0 + 0 + \frac{1}{E \cdot I} \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{P \cdot L}{2} \cdot \frac{L}{2} \cdot \left(\frac{L}{2} + \frac{2}{3} \cdot \frac{L}{2} \right) + M \cdot L \cdot \frac{L}{2} - \frac{1}{2} \cdot V \cdot L \cdot L \cdot \frac{2}{3} \cdot L \right)$$

$$0 = \frac{5 \cdot P \cdot L}{48} + \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot V \cdot L - \frac{1}{8} \cdot P \cdot L \right) - \frac{V \cdot L}{3}$$

$$V = \frac{P}{2}$$

$$M = \frac{P \cdot L}{8}$$

Diagrama de momentos flectores (Figura 5.24).

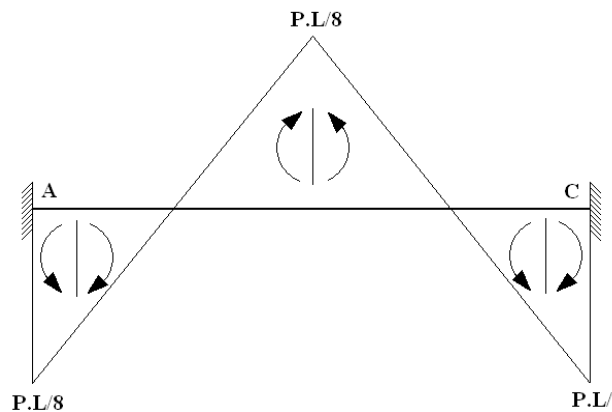


Figura 5.24. Diagrama de momentos flectores. Viga biempotrada

Calculamos ahora cuanto debe ser el desplazamiento del punto B para garantizarnos una precarga de 53N.

Datos :

$$P = 53N$$

$$\downarrow v_B = \downarrow v_A + \vec{\theta}_A \cdot d_{A \rightarrow VB} + \frac{1}{E \cdot I} \cdot (AMf_{A \rightarrow B} \cdot d_{g \rightarrow VB})$$

$$\downarrow v_B = 0 + 0 + \frac{1}{E \cdot I} \cdot \left(\frac{L}{4} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{P \cdot L}{8} \cdot \left(\frac{L}{4} + \frac{2}{3} \cdot \frac{L}{4} \right) - \frac{1}{2} \cdot \frac{P \cdot L}{8} \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{L}{4} \cdot \frac{L}{4} \right)$$

$$\downarrow v_B = \frac{1}{E \cdot I} \cdot \left(\frac{1}{192} \cdot P \cdot L^3 \right)$$

Calculamos ahora la fuerza necesaria para liberar la pestaña, para ello el desplazamiento del punto medio de la chapa deberá ser el necesario para conseguir la precarga más los 6,16mm que se necesitan para liberar la pestaña.

$$\downarrow v_B = \frac{1}{E \cdot I} \cdot \left(\frac{1}{192} \cdot P \cdot L^3 \right)$$

$$P = \frac{(v_B + 6,16) \cdot 192 \cdot E \cdot I}{L^3} \quad \text{Ecuación 5.6}$$

Resistencia de materiales.

En este caso el momento máximo valdrá la fuerza por la longitud entre ocho.

$$\sigma = \frac{M_x \cdot y}{I_x} = \frac{F \cdot \frac{L}{8} \cdot \frac{b}{2}}{\frac{1}{12} \cdot a \cdot b^3} \quad \text{Ecuación 5.7}$$

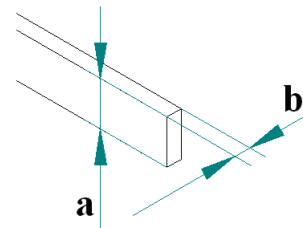


Figura 5.25. Resistencia viga biempotrada

Donde:

σ = Tensión

M_x = Momento en x

I_x = Momento de inercia

Y= Punto de máxima tensión

F = Fuerza necesaria para doblar lo suficiente el voladizo

a = altura

b = anchura

L= Longitud del empotramiento

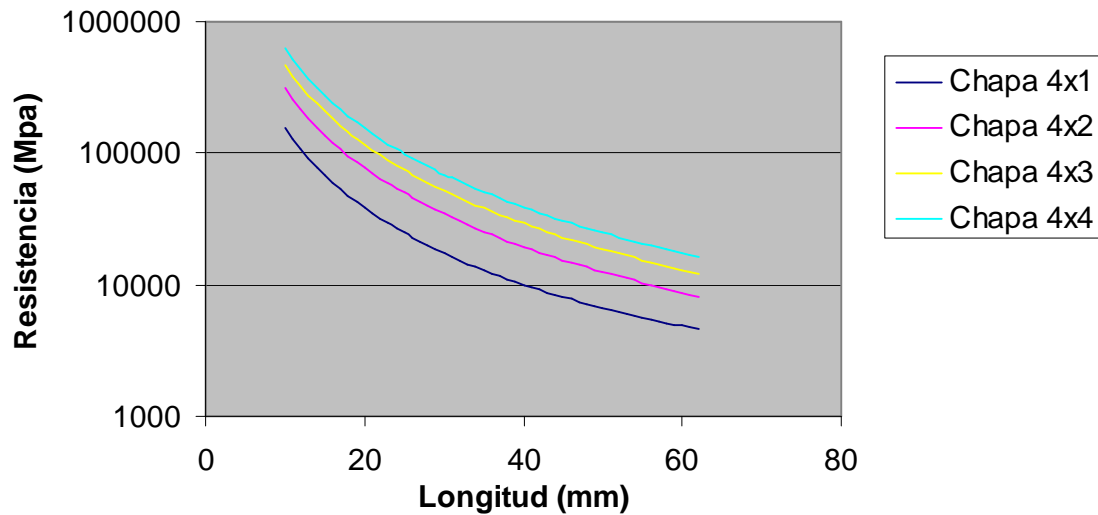
Resultados obtenidos:**Viga biempotrada**

Figura 5.26. Longitud frente a resistencia. Viga biempotrada

5.3.2.3.-Dimensionado de la viga biapoyada que sustituirá al resorte

Como una tercera opción se optó por biapoyar la chapa que hará la función de nuestro resorte (Figuras 5.27 y 5.28). Para ello se estudiará de igual forma que en los casos anteriores, es decir, calculando lo que hay de deformar la chapa para que nos aporte la fuerza necesaria para generar nuestra precarga inicial y posteriormente la fuerza que debo suministrar para que la chapa se deforme lo necesario para que la pestaña se pueda desacoplar mas lo que ya se había deformado.

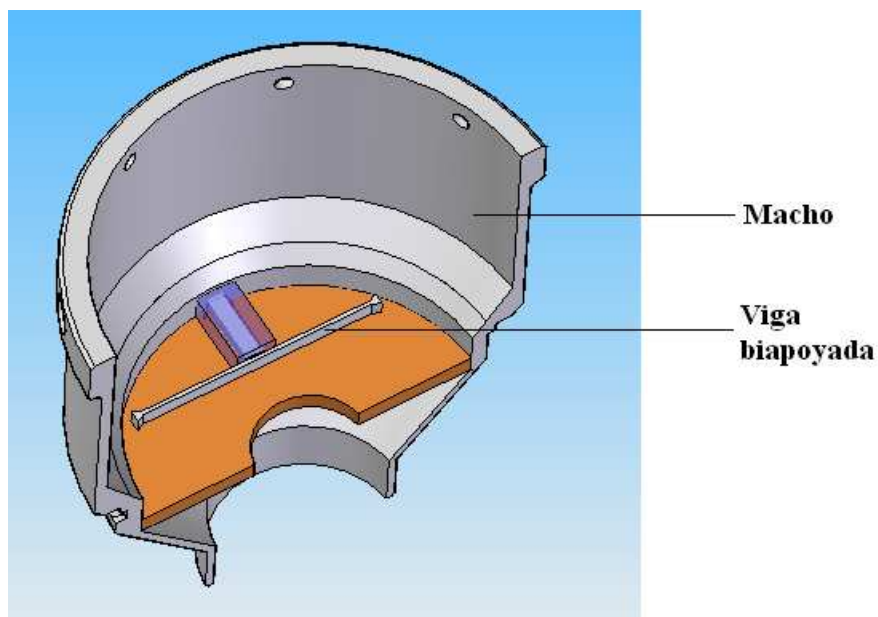


Figura 5.27. Sección 3D viga biapoyada

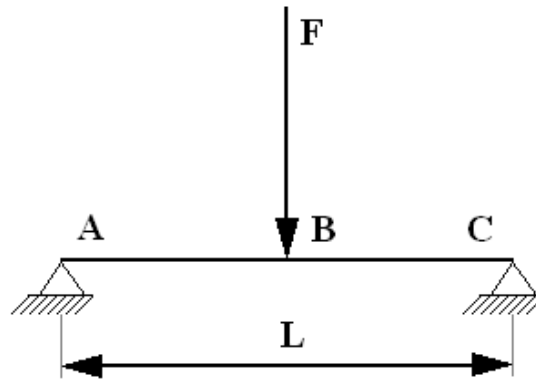


Figura 5.28. Viga biapoyada

Calculamos los momentos flectores y reacciones en los apoyos (Figura 5.29).

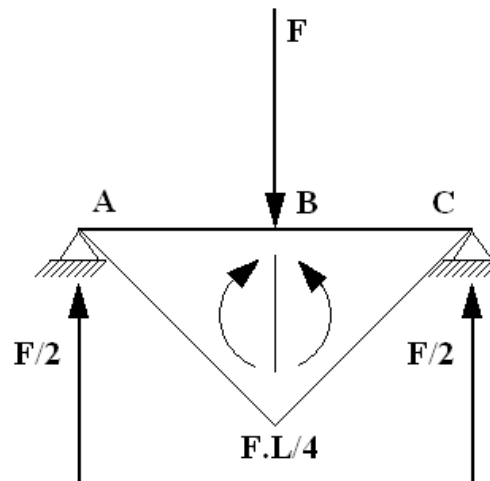


Figura 5.29. Fuerzas viga biapoyada

Calculamos la flecha del punto B.

$$\downarrow v_C = \downarrow v_A + \bar{\theta}_A \cdot d_{A \rightarrow VC} + \frac{1}{E \cdot I} \cdot (AMf_{A \rightarrow C} \cdot d_{g \rightarrow VC})$$

$$0 = 0 + \bar{\theta}_A \cdot L + \frac{1}{E \cdot I} \cdot \left(-\frac{1}{2} \cdot L \cdot \frac{F \cdot L}{4} \cdot \frac{L}{2} \right)$$

$$\bar{\theta}_A = \frac{F \cdot L^2}{16 \cdot E \cdot I}$$

$$\downarrow v_B = \downarrow v_A + \bar{\theta}_A \cdot d_{A \rightarrow VB} + \frac{1}{E \cdot I} \cdot (AMf_{A \rightarrow B} \cdot d_{g \rightarrow VB})$$

$$\downarrow v_B = \frac{F \cdot L^2}{16 \cdot E \cdot I} \cdot \frac{L}{2} + \frac{1}{E \cdot I} \cdot \left(-\frac{1}{2} \cdot \frac{L}{2} \cdot \frac{F \cdot L}{4} \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{L}{2} \right)$$

$$\downarrow v_B = \frac{F \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot I}$$

Calculamos ahora cuanto debe ser el desplazamiento del punto B para garantizarnos una precarga de 53N.

Datos :

$$F = 53N$$

$$\downarrow v_B = \frac{53 \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot I}$$

Calculamos ahora la fuerza necesaria para liberar la pestaña

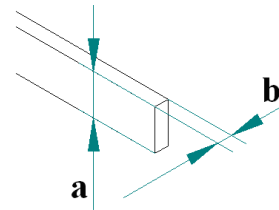
$$\downarrow v_B + 6,16 = \frac{F \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot I}$$

$$F = \frac{(v_B + 6,16) \cdot 48 \cdot E \cdot I}{L^3} \quad \text{Ecuación 5.8}$$

Resistencia de materiales.

El momento máximo esta en el centro de la viga biempotrada, y su valor es la fuerza por la longitud entre cuatro.

$$\sigma = \frac{M_x \cdot y}{I_x} = \frac{\frac{F}{2} \cdot \frac{L}{2} \cdot \frac{b}{2}}{\frac{1}{12} \cdot a \cdot b^3} = \frac{3}{2} \cdot \frac{F \cdot L}{a \cdot b^2} \quad \text{Ecuación 5.9}$$



5.30. Sección viga biapoyada

Donde:

σ = Tensión

M_x = Momento en x

I_x = Momento de inercia

Y= Punto de máxima tensión

F = Fuerza necesaria para doblar lo suficiente el voladizo

a = altura

b = anchura

L= Longitud de la chapa

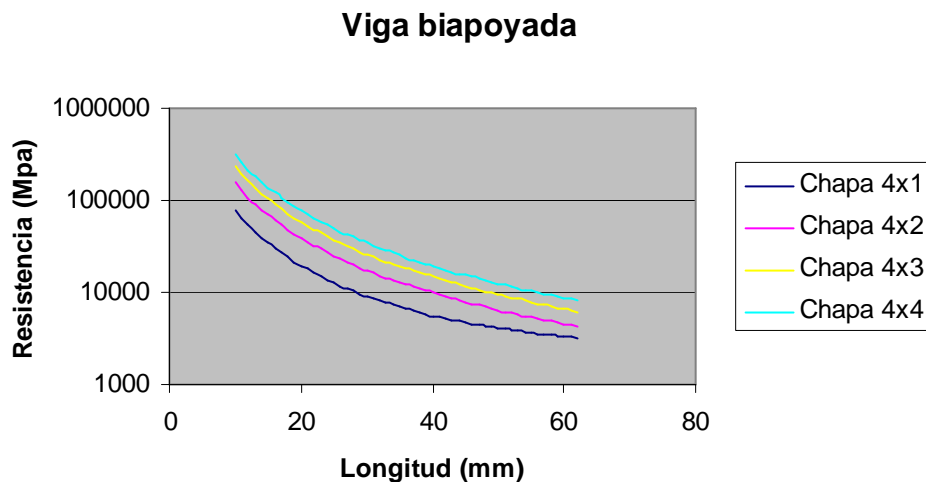
Resultados obtenidos:

Figura 5.31. Longitud en función de la resistencia. Viga biapoyada

5.3.2.4.- Conclusión.

Las tensiones obtenidas son mayores que las que puede admitir el acero [5].

La altura impuesta en la chapa es la altura máxima que puede tener la pestaña debido a la forma geométrica del macho.

Si cambiamos el espesor de la chapa mas pequeño debilitaríamos mucho el material mientras que si aumentamos el espesor tendríamos que realizar mucha fuerza para poder conseguir la deformación deseada para el pliegue de la pestaña.

Para que esta solución fuese posible habría que cambiar las dimensiones geométricas del macho para poder permitir que las longitudes de estas chapas fuesen mayores.

Observamos que estamos muy lejos de los parámetros de tensión del acero (Apéndice 4), por lo que aunque incorporásemos modificaciones al diseño éstas no serían suficientes para que fuese viable.

5.3.3.- Dimensionado del resorte.

Nos dispondremos ahora a dimensionar el resorte, para ello tiene que cumplir las siguientes restricciones:

- Poder comprimirse al menos lo necesario para garantizarnos que se pliegue la pestaña, más aquellos necesarios para proporcionarnos los 53N que precisa en reposo.

- También pondremos una longitud máxima del muelle una vez montado de 35mm, por razones de geometría no entra en el macho resortes mayores.

- Diámetro exterior debe estar entre 4mm y 6,4mm.

Para la elección de nuestro resorte se consultó un catálogo de resortes de la marca Vanel [6].

El resorte seleccionado fue:

Nº de referencia	Diámetro exterior (mm)	Diámetro de la espira (mm)	Longitud libre (mm)	Constante de elasticidad (DaN/mm)	Longitud en bloque (mm)	Longitud disponible (mm)	Material	Afilado	Tariff code
C.061.110.381.N	6,1	1,1	38,1	0,6565	22,77	25,39	Baño de Zn	Si	N

Tabla 5.2. Características del resorte

Comprobamos si cumple las restricciones necesarias:

Compresión de muelle:

Nuestro resorte deberá comprimirse lo necesario para proporcionarnos los 53N en la precarga más aquellos necesarios para poder desacoplar la pestaña de la hembra.

Primero calcularemos la compresión que deberá estar sometido el muelle para garantizamos los 53N en la precarga.

F: Fuerza muelle

K: Constante elástica del muelle

Δx : Compresión del muelle

L_m : Longitud final del muelle

L_0 : Longitud libre del muelle

$$F = K \cdot \Delta x$$

$$\Delta x = \frac{F}{K} = \frac{53}{6,565} = 8,07 \text{ mm}$$

$$L_m = L_0 - \Delta x = 38,1 - 8,07 = 30,03 \text{ mm}$$

La longitud del muelle en el montaje, L_m , será de 30mm (longitud del muelle menos la necesaria para proporcionarnos los 53N).

A esto habrá que añadirle los milímetros que necesitamos cuando la pestaña se recoge. La longitud mínima que el fabricante nos aconseja una vez comprimido el resorte es de 25,39mm, la longitud del resorte sin comprimir es de 38,1mm, por lo tanto disponemos de 12,71mm que podemos comprimir el muelle.

Ya hemos utilizado 8,07mm en la compresión de nuestro muelle para conseguir la precarga de 53N, por lo que la longitud de la pestaña como máximo deberá de ser de 4,64mm, esto lo conseguiremos en el redondeo de la punta de la pestaña.

$$\Delta x_t = L_0 - L_d = 38,1 - 25,39 = 12,71 \text{ mm}$$

$$L_{\text{pestaña}} = 12,71 - 8,07 = 4,64 \text{ mm}$$

La pestaña quedará con la siguiente configuración.

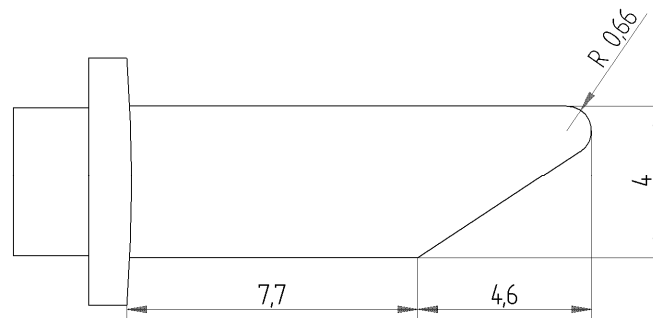


Figura 5.32. Dimensiones de la pestaña

Calcularemos la fuerza que realiza el muelle en compresión total es decir cuando la pestaña se este desacoplado y el muelle esté totalmente comprimido.

$$F = K \cdot \Delta x$$

$$F = K \cdot \Delta x = 6,565 \cdot 12,71 = 83,44 \text{ N}$$

5.3.4.- Estudio de resistencia de la pestaña y corredera

Para el estudio de la pestaña se utilizó un programa de elementos finitos (ANSYS). El estudio consto de dos fases, una fase previa en la cual se intentó comprobar que las pestañas resistían los esfuerzos de precarga del muelle y el peso propio del robot, con el fin de comprobar la viabilidad inicial de nuestro proyecto, y una segunda fase donde ya conocíamos el diseño final de nuestra pestaña y a las cargas a la que iba a estar sometida.

5.3.4.1.- Estudio previo

En esta primera fase, para el ángulo seleccionado, diseñaremos una pestaña con unos valores iniciales y comprobaremos que aguanta la precarga del muelle y las sollicitaciones debidas al peso del robot.

Como primera aproximación la pestaña será de 4mm por 4mm de sección, debido a que es la máxima altura que puede tener la pestaña por cuestiones geométricas en el macho, el ángulo será de 33° en la pestaña y la longitud necesaria para que la pestaña una el macho con la hembra.

Con esta configuración la pestaña va a tener que sufrir un desplazamiento para poder desacoplarse, igual a la longitud de la parte inclinada, esto será de 6,16mm (será lo que tendrá que desplazarse el resorte para liberar la pestaña), como vemos en la figura 5.33.

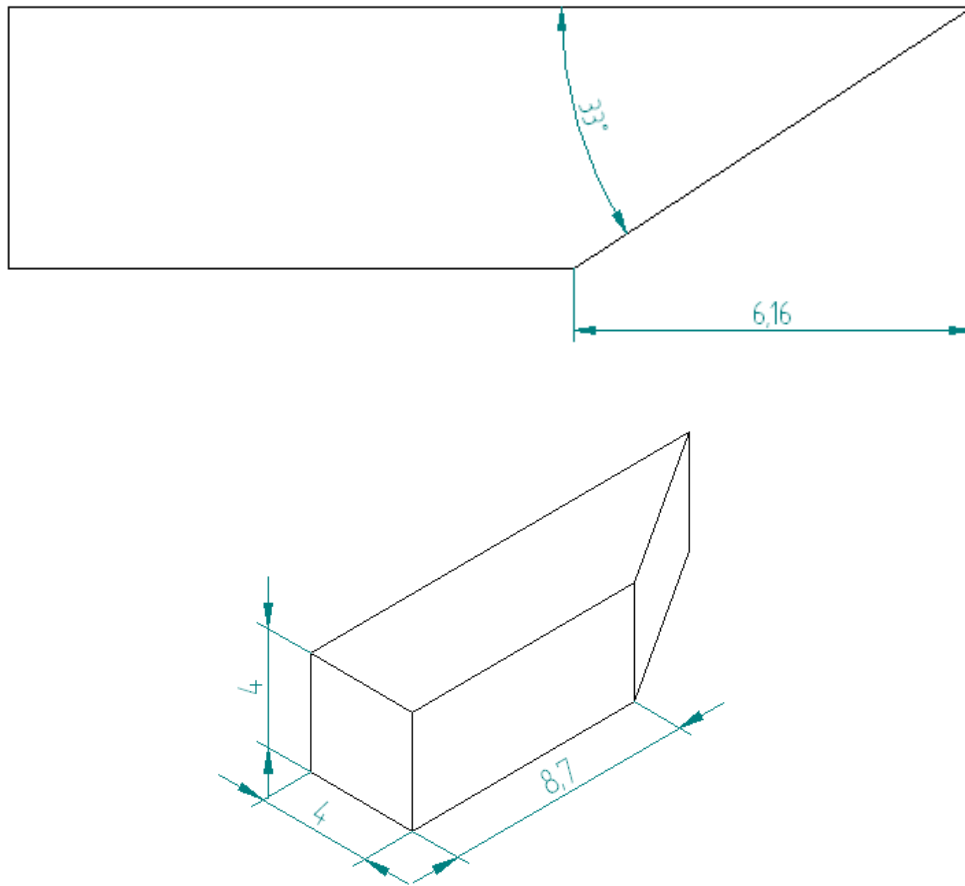


Figura 5.33. Dimensiones pestaña. Estudio previo

1º. Únicamente tenemos la fuerza del muelle

La fuerza del muelle por pestaña será de 53N, tendremos una pestaña de aluminio con un módulo de elasticidad de 72000Mpa. Como aproximación supondremos que la tensión en la pieza es la fuerza que recibe del muelle, entre el área posterior de la pestaña que es la que recibe la fuerza de forma normal, por último calcularemos la deformación dividiendo la tensión por el módulo de elasticidad.

$$E = 72000Mpa$$

$$\sigma = \frac{F}{\Omega} = \frac{53(N)}{4(mm) \cdot 4(mm)} = 3,31Mpa$$

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{3,31}{72000} = 4,60 \cdot 10^{-5}$$

Por último comprobamos que la tensión en los cálculos es menor a la tensión a fluencia del aluminio 7075-T6 que es de 434Mpa.

Análisis de la pestaña por elementos finitos (Ansys).

Analizaremos la misma situación que en el caso anterior pero esta vez por elementos finitos para comprobar que obtenemos los mismos resultados (Figura 5.34 y 5.35).

Se han dividido la pestaña en tres partes:

Parte A: Tanto la parte superior como la inferior tiene impedido el movimiento vertical, corresponde a la zona de la pestaña que se encuentra guiada en el interior del macho.

Parte B: No tiene impedido ningún movimiento, corresponde a la zona entre el macho y la hembra.

Parte C: Tiene impedido el movimiento vertical en la parte superior y horizontal en la parte inclinada, corresponde a la zona de la pestaña en el interior de la hembra.

Se colocará una fuerza de 53N en la parte posterior de la pestaña de forma distribuida en la longitud de la pestaña, por lo tanto tendremos:

$$F = \frac{53N}{4mm} = 13,25N/mm$$

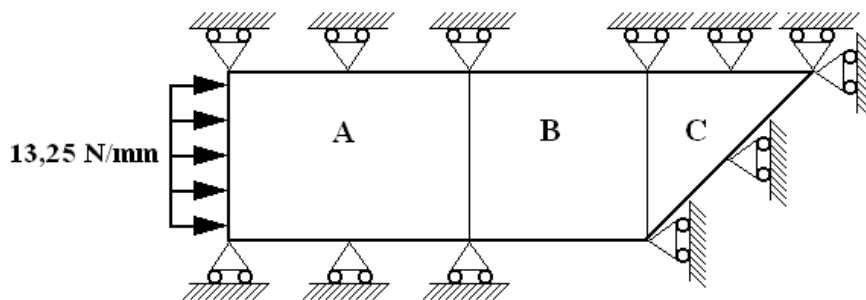


Figura 5.34. Condiciones de contorno.

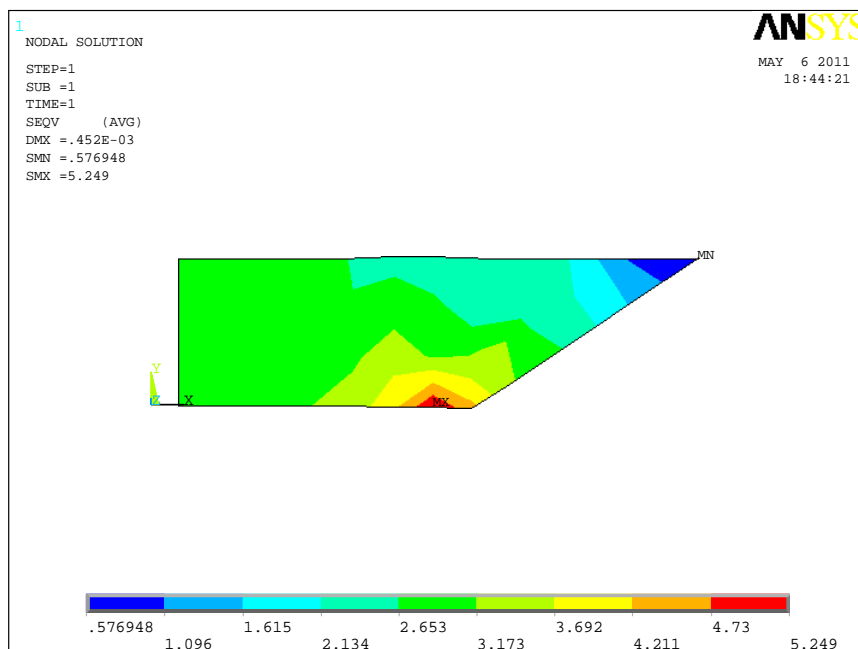


Figura 5.35. Tensiones en pestaña

Para la simulación de la resistencia de la pestaña se ha utilizado aluminio con un módulo de elasticidad de 72000Mpa y módulo de Poisson de 0,3.

$$E = 72000Mpa$$

$$\lambda = 0,3$$

$$\sigma_{m\acute{a}x} = 5,25Mpa$$

$$\sigma_{m\acute{i}n} = 0,58Mpa$$

$$\varepsilon_{m\acute{a}x} = 7,29 \cdot 10^{-5}$$

$$\varepsilon_{m\acute{i}n} = 0,80 \cdot 10^{-5}$$

Como podemos comprobar la tensión máxima que obtenemos es de 5,25Mpa menor a la que puede soportar el aluminio, la resistencia a fluencia del aluminio 7075-T6 es de 434Mpa.

2°. Únicamente la fuerza debido al peso propio.

Parte A: tanto la parte superior como la inferior tiene impedido el movimiento vertical y la parte posterior tiene impedido el movimiento horizontal (corresponde a la zona de la pestaña que se encuentra en el interior del macho).

Parte B: No tiene impedido ningún movimiento, corresponde a la zona entre el macho y la hembra.

Parte C: Tiene impedido el movimiento vertical en la parte superior, tiene una fuerza de 327N/mm equivalente a 2125N. Corresponde a la zona de la pestaña en el interior de la hembra (Figura 5.36).

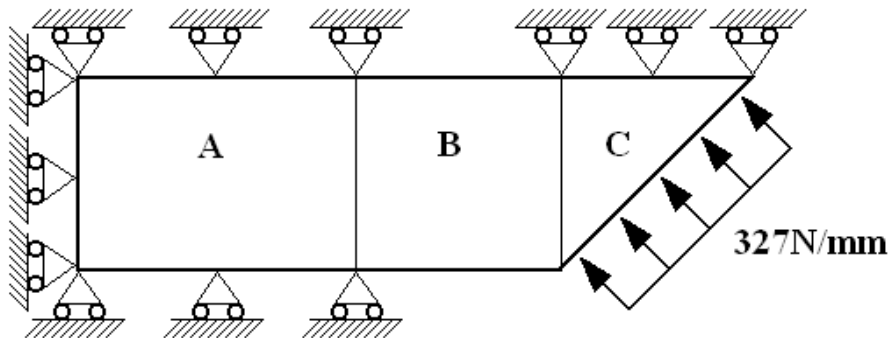


Figura 5.36. Condiciones de contorno. Peso ASIBOT

La figura obtenida en ANSYS fue la siguiente

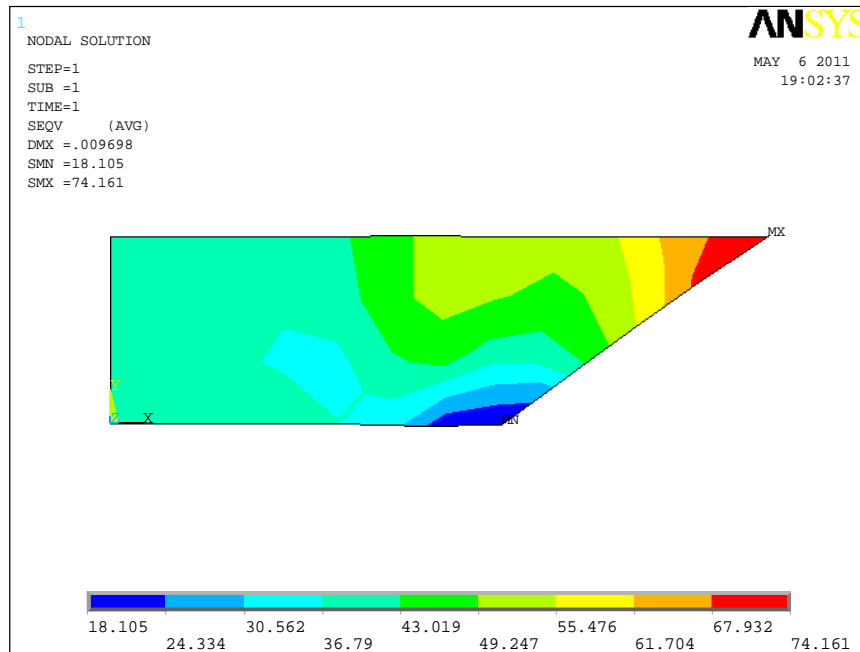


Figura 5.37. Tensiones máximas

Resultados obtenidos:

$$E = 72000\text{Mpa}$$

$$\lambda = 0,3$$

$$\sigma_{m\acute{a}x} = 74,16\text{Mpa}$$

$$\sigma_{m\acute{i}n} = 18,10\text{Mpa}$$

$$\varepsilon_{m\acute{a}x} = 0,0010$$

$$\varepsilon_{m\acute{i}n} = 2,51 \cdot 10^{-4}$$

Como podemos comprobar la tensión máxima que obtenemos es de 74Mpa menor a la que puede soportar el aluminio, la resistencia a fluencia del aluminio 7075-T6 es de 434Mpa.

5.3.4.2.- Estudio definitivo.

Una vez que conocemos todas las fuerzas a la que está sometida la pestaña, pues ya hemos dimensionado nuestro resorte y tenemos el diseño definitivo de nuestras pestañas, comprobaremos que resiste en estas nuevas condiciones, también verificaremos que las correderas donde van alojadas los muelles aguantan la fuerza de estos cuando están totalmente comprimidos, utilizando nuevamente un programa de elementos finitos, (Ansys), estas simulaciones se realizaran en tres dimensiones.

Pestaña

Dividiremos el estudio de la pestaña en dos casos. El primero es el que se describe a continuación, donde tenemos la fuerza que ejerce el peso del robot sobre la cara inclinada de la pestaña y la fuerza del resorte en la parte posterior de la pestaña, simulando el caso en el que la pestaña estuviera anclada (Figura 5.38).

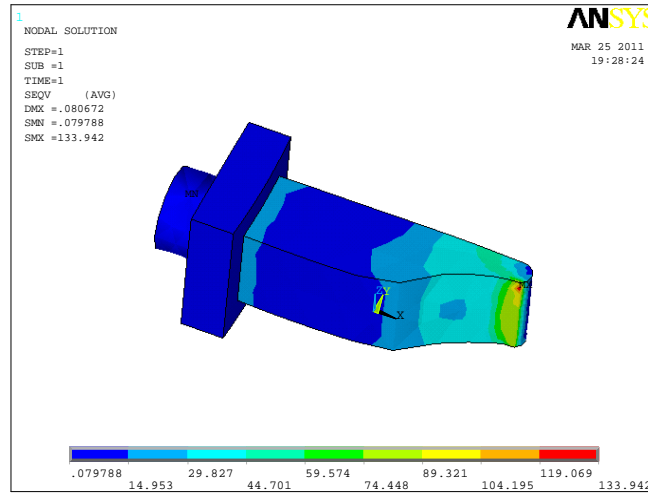


Figura 5.38. Tensiones máximas. Estudio definitivo

Como podemos comprobar en la figura 5.38, la tensión máxima que obtenemos es de 133,94Mpa menor a la que puede soportar el aluminio, la resistencia a fluencia del aluminio 7075-T6 es de 434Mpa.

Un segundo estudio consistía en la simulación en la cual la pestaña se estuviera desanclando, el muelle estaría en compresión máxima y la fuerza se ejercería sobre la punta de la pestaña (Figura 5.39).

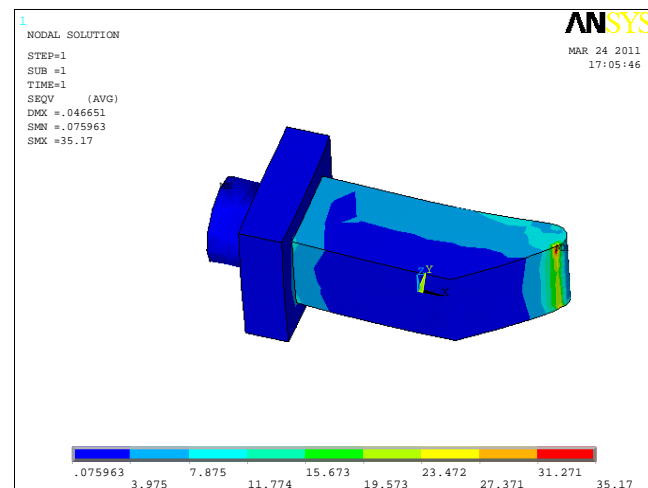


Figura 5.39. Tensiones debidas al resorte

La tensión máxima que obtenemos es de 35Mpa menor a la que puede soportar el aluminio 7075-T6 (434Mpa).

Corredera

Se comprobó también que las correderas, las cuales sufrirían la fuerza de los muelles en compresión total, aguantasen las cargas solicitadas. Para ello se impidió el movimiento en los roscados, y se colocó una fuerza de 83N correspondiente a la fuerza que proporciona el muelle en compresión total, distribuida por la cara posterior de la corredera.

La máxima tensión se obtiene en los roscados como se ve en la figura siguiente.

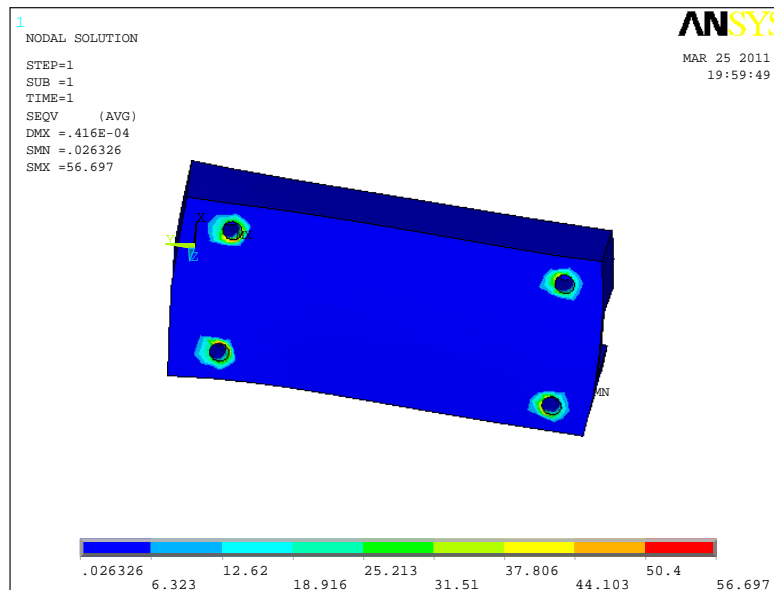


Figura 5.40. Tensiones en la corredera

Observamos que en el resto de la pieza las tensiones son mucho menores que en la parte de los roscados (Figura 5.41)

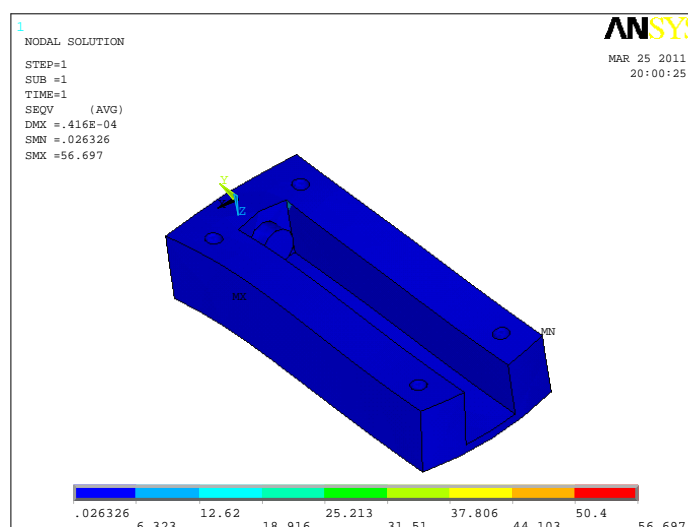


Figura 5.41. Tensiones en la corredera. Frontal

La tensión máxima en la corredera es de 56,7Mpa, menor a la que puede soportar el aluminio 7075-T6 (434Mpa).

5.3.5.- Cálculo en una frenada de emergencia.

En el caso de una emergencia, el robot está dotado de unos frenos en los motores que se accionarían de forma automática, frenando bruscamente. Este frenado brusco podría provocar que las pestañas se desacomplasen o incluso que se rompieran.

5.3.5.1.- Peligro de desacoplamiento del robot

Para ello calcularemos el caso más desfavorable, este sería con el robot anclado en la pared y descendiendo paralelo a ella, los resortes deberán proporcionarnos una fuerza suficiente para vencer el peso y las inercias que aparecen (Figura 5.42).

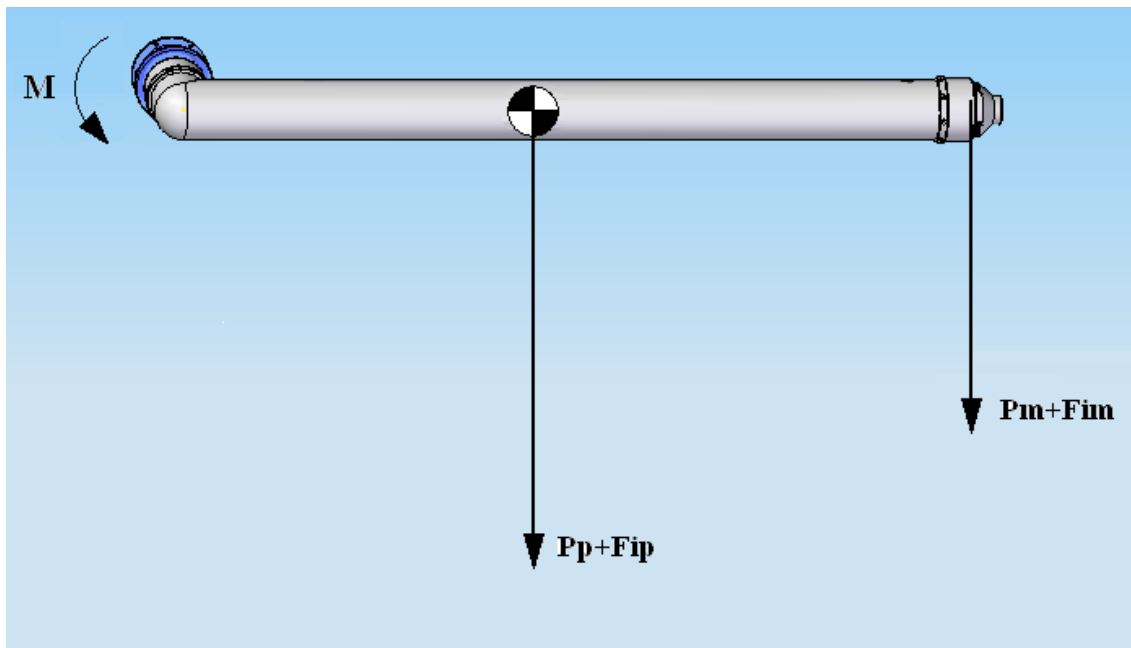


Figura 5.42. Fuerzas de inercia

Donde:

P_p : peso propio del robot.

F_{ip} : fuerza de inercia debida al peso del robot.

P_m : peso máximo que puede llevar en el extremo.

F_{im} : Fuerza de inercia debida a la masa en el extremo.

M : Momento que deben aportar las pestañas para mantenerlo en equilibrio.

Lo primero será calcular la desaceleración máxima que puede sufrir el robot. Para ello sabemos que nuestros motores disponen de frenos con un par de 2Nm y el momento de inercia del robot es del 5,72kg.m²

$$Ma = 2N \cdot m$$

$$J = 5,72kg \cdot m^2$$

$$Ma = J \cdot \alpha$$

$$\alpha = \frac{Ma}{J} = \frac{2(N \cdot m)}{5,72(kg \cdot m^2)} = 0,35rad / s^2$$

Calcularemos ahora las fuerzas de inercia en el robot. Para ello necesitamos la masa del robot (m_p), la máxima masa que puede trasladar (m_m), la longitud del robot (L) y la aceleración angular (α)

$$m_p = 13,26kg$$

$$m_m = 2kg$$

$$L = 1,4m$$

$$\alpha = 0,35rad / s^2$$

$$Fi_p = m_p \cdot \alpha \cdot \frac{L}{2} = 13,26 \cdot 0,35 \cdot \frac{1,4}{2} = 3,25N$$

$$Fi_m = m_m \cdot \alpha \cdot L = 2 \cdot 0,35 \cdot 1,4 = 1N$$

Una vez calculadas las fuerzas podremos obtener el momento (M) que se debe realizar para mantener el conjunto en equilibrio.

$$M = (P_p + Fi_p) \cdot \frac{L}{2} + (P_m + Fi_m) \cdot L \quad \text{Ecuación 5.10}$$

$$M = (150 + 3,25) \cdot \frac{1,4}{2} + (20 + 1) \cdot 1,4 = 136,67N \cdot m$$

Este momento lo deberán compensar las pestañas que están situadas a una distancia (d) del centro de rotación del macho, por lo tanto obtenemos que la fuerza total en las pestañas es de:

$$d = 0,056m$$

$$F = \frac{M}{d}$$

$$F = \frac{136,67}{0,056} = 2440,62N$$

Como tenemos 3 pestañas, la fuerza se repartirá entre las tres pestañas.

$$F_p = \frac{F}{3} = 813,54N$$

Podremos ya calcular la fuerza que deberá proporcionarnos el resorte para no desanclarse (formula apartado 5.3.1, ecuación 5.2)

$$F_{muelle} = \frac{F_p \cdot (\text{sen}\alpha - \mu \cdot \cos\alpha)}{(\cos\alpha + \mu \cdot \text{sen}\alpha)}$$

$$F_{muelle} = \frac{813,54 \cdot (\text{sen}33 - 0,57 \cdot \cos33)}{(\cos33 + 0,57 \cdot \text{sen}33)} = 46,73N$$

Conclusión.

La fuerza que debe proporcionar el muelle (46,73N) es menor a la que está dando en condiciones de precarga (53N), y mucho menor a la necesaria para desacoplar la pestaña (en la cual tenemos el resorte comprimido, ejerciendo una fuerza de 83N), por lo que el macho no se desanclará frente a una parada de emergencia del robot.

5.3.5.2.- Peligro de rotura de las pestañas

En este apartado, estudiaremos el caso en el que el momento ejercido por el peso y las fuerzas de inercia debidas a la frenada de emergencia, fuesen contrarias al movimiento necesario para desacoplar la pestaña, con lo que podríamos partirla.

En la figura siguiente podemos ver una representación de cómo sería este caso. Observamos que el momento resultante de todas las fuerzas de inercia y de los pesos (M_f) provoca un giro contrario al necesario para desacoplarse. Estudiaremos este caso con el fin de determinar la resistencia de nuestra pestaña a una frenada brusca.

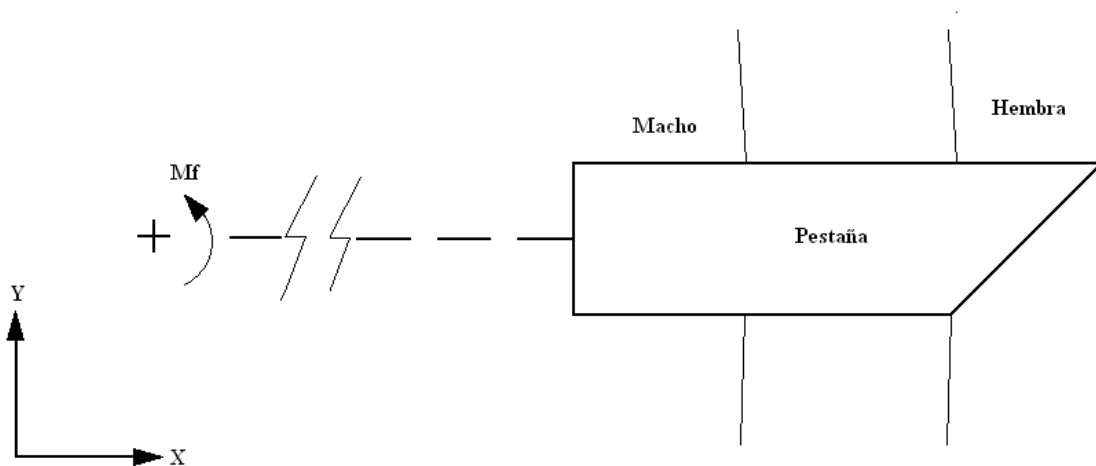


Figura 5.43. Configuración rotura pestaña

El momento resultante es el mismo que en el caso anterior (Peligro de desacoplamiento del robot), pues actúan las mismas fuerzas, solo que ejerciendo un momento en sentido contrario.

$$M_f = 136,67N \cdot m$$

Por lo tanto las fuerzas que van a soportar nuestras pestañas es la misma que en el caso anterior, solo que esta vez calcularemos si nuestra pestaña aguanta dicha carga y no parte.

$$F_p = 813,54N$$

Para este estudio se utilizó nuevamente el programa de elementos finitos ANSYS, utilizando la siguiente configuración.

Zona A: Corresponde a la zona de la pestaña que se encuentra en el macho y por donde recibirá la fuerza

Zona B: Correspondiente a la zona entre el macho y la hembra

Zona C: Correspondiente a la zona anclada de la pestaña en la hembra

Esta configuración se muestra en la siguiente figura

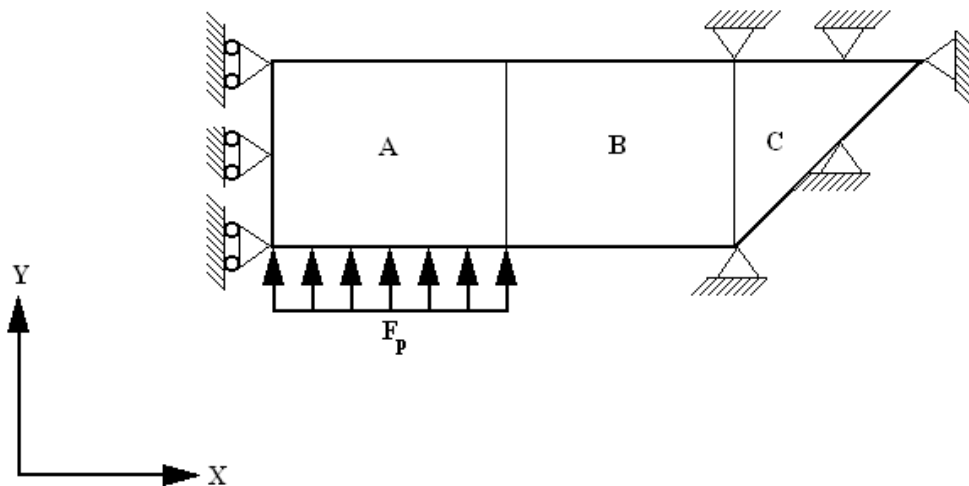


Figura 5.44. Esquema de fuerzas. Frenazo brusco

El resultado obtenido en ANSYS es el que se observa en la figura 5.45. La tensión máxima fue de 262,3Mpa, inferior a la que puede soportar el aluminio 7075-T6 (434Mpa).

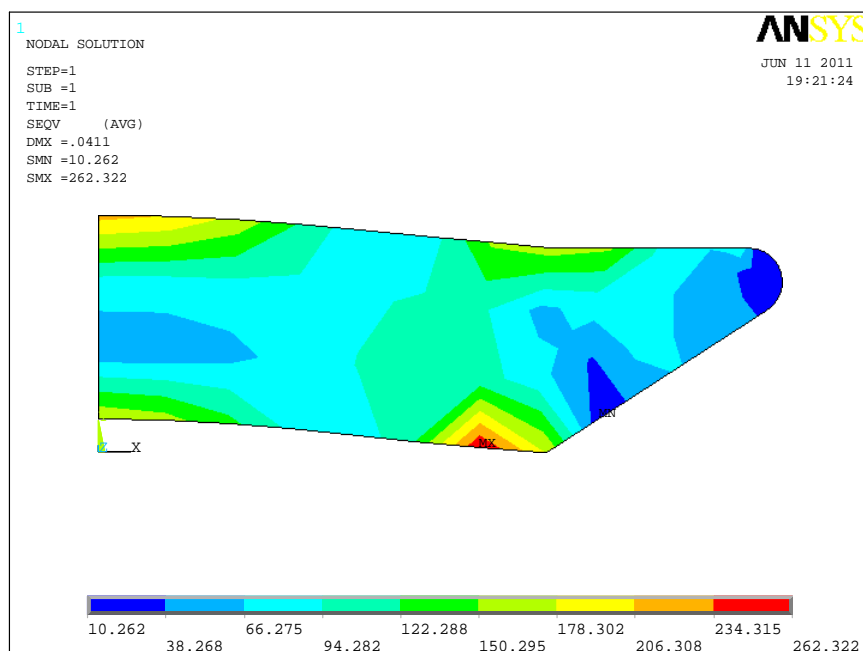


Figura 5.45. Tensiones pestaña. Frenazo brusco

5.3.6.- Par necesario para desacoplar el macho.

Para desacoplarse el motor deberá realizar un par necesario para vencer la fuerza de los resortes. El peso del robot lo resistirá el anclaje fijo que no se desea desacoplar.

Para calcular si nuestro robot es capaz de proporcionarnos el par necesario para desacoplar el robot, realizaremos una descomposición de fuerzas en la pestaña (Figura 5.46).

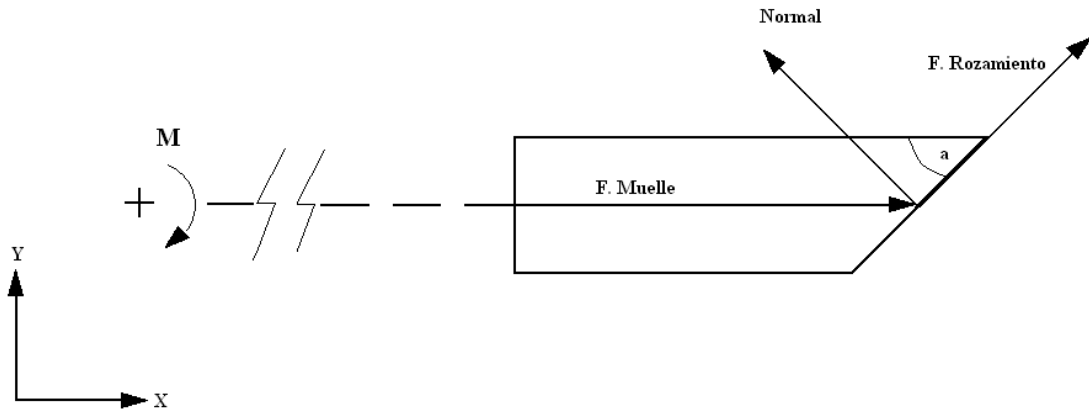


Figura 5.46. Par motor necesario

Descomponemos las fuerzas

Para comenzar a mover la pestaña deberá poder vencer los 53N del muelle en precarga, al estar parado inicialmente el coeficiente de rozamiento será el estático.

Fuerzas Horizontales

$$F_{muelle} = 53N$$

$$\alpha = 33^\circ$$

$$\mu = 0,57$$

$$F_{roz} \cdot \cos \alpha + F_{muelle} = N \cdot \sin \alpha$$

$$\mu \cdot N \cdot \cos \alpha + F_{muelle} = N \cdot \sin \alpha$$

$$N = \frac{F_{muelle}}{(\sin \alpha - \mu \cdot \cos \alpha)} = 795,83N \quad \text{Ecuación 5.11}$$

Tomamos momentos en el centro de la hembra

$$\alpha = 33^\circ$$

$$\mu = 0,57$$

$$r = 0,056m$$

$$F_{roz} = \mu \cdot N = 453,62N$$

$$M = (N \cdot \cos \alpha + F_{roz} \cdot \sin \alpha) \cdot r \quad \text{Ecuación 5.12}$$

$$M = 51,21N$$

Como tenemos tres pestañas el par del motor deberá ser de:

$$M_m = M \cdot 3 = 153,63Nm$$

El motor del que disponemos tiene un par de 0,86Nm y una reductora de 160 por lo que el máximo par disponible es de 137,6Nm. No es suficiente para desacoplar la hembra del macho.

5.3.6.1.- Conclusión

Primera opción

Para utilizar este sistema de anclaje en la versión actual del robot, habrá que seleccionar un motor que sea capaz de superar las fuerzas producidas en las pestañas, esto es debido a que el caso más desfavorable tanto en el diseño del motor como en nuestro sistema de unión, es el mismo (Figura 5.47). Tenemos una mayor incertidumbre a la hora de diseñar nuestro sistema de anclaje (debido a que podemos tener errores en el mecanizado, errores en la correcta precarga de los muelles, las fuerzas no se distribuyan de forma uniforme...) por ello hubo que añadir un coeficiente de seguridad mayor que el que había en la elección del motor.

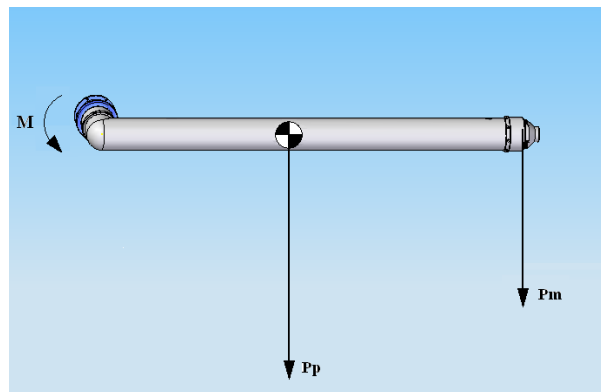


Figura 5.47. Caso más desfavorable

Observamos que el momento que debe soportar el sistema de anclaje es el mismo que se utilizó cuando se eligió el motor. En este caso el robot está en posición horizontal y tenemos tanto el peso propio del robot (Pp), como el peso de la masa en el extremo (Pm).

Comprobamos que el motor es capaz de superar dichas fuerzas

$$M_m > P_p \cdot \frac{L_b}{2} + P_m \cdot L_b$$

$$137,6 > 130 \cdot \frac{1,4}{2} + 20 \cdot 1,4$$

$$137,6Nm > 119Nm$$

$$C = \frac{137,6}{119} = 1,16$$

Comprobamos el coeficiente de seguridad de nuestro anclaje con el momento calculado anteriormente, a través de las fuerzas en las pestañas.

$$M_p > Pp \cdot \frac{Lb}{2} + Pm \cdot Lb$$

$$153,63 > 130 \cdot \frac{1,4}{2} + 20 \cdot 1,4$$

$$153,63Nm > 119Nm$$

$$C = \frac{153,63}{119} = 1,3$$

Observamos que obtenemos el coeficiente de seguridad con el cuál fue diseñado nuestro anclaje (1,3), mayor que el del motor (1,16). Por lo tanto a la hora de elegir un nuevo motor para nuestro robot se tendrá que tener en cuenta el sistema de acoplamiento, pues será el caso más desfavorable en nuestro estudio.

Segunda opción

Sabemos que la nueva versión del robot (ASIBOT 2) será mucho más compacta y más ligera. Por ello, es posible que se pueda utilizar este sistema sin tener que cambiar los motores internos de los que dispone.

Calcularemos ahora como sería el diseño para el nuevo robot en las nuevas condiciones.

Lb: Longitud del brazo, 1,08m

P: Peso del conjunto, 84,28N

C: Carga máxima en el extremo, 9,8N.

De la fórmula obtenida en el apartado 5.3.1 (ecuación 5.1). Obtenemos:

Fuerza en la pestaña

$$M = P \cdot \frac{Lb}{2} + C \cdot Lb$$

$$0,056 \cdot F_p = 84,28 \cdot \frac{1,08}{2} + 9,8 \cdot 1,08$$

$$F_p = 1001,78N$$

Fuerza del muelle y ángulo de la pestaña

Mantendremos una precarga como en el caso anterior de unos 50N con el fin de evitar vibraciones en la pestaña y mantendremos el coeficiente de seguridad (ecuación 5.2).

α = ángulo de la pestaña

C= coeficiente de seguridad (1,3)

n= n ° de pestañas (3)

μ = coeficiente de rozamiento (0,57)

F_p = fuerza en la pestaña (1001,78N)

$$F_{muelle} = \left(\frac{F_p \cdot (\sin \alpha - \mu \cdot \cos \alpha)}{(\cos \alpha + \mu \cdot \sin \alpha)} \right) \cdot \frac{C}{n}$$

Obteniendo un ángulo de 36°, para una fuerza del muelle de 48N, como observamos en la gráfica siguiente.

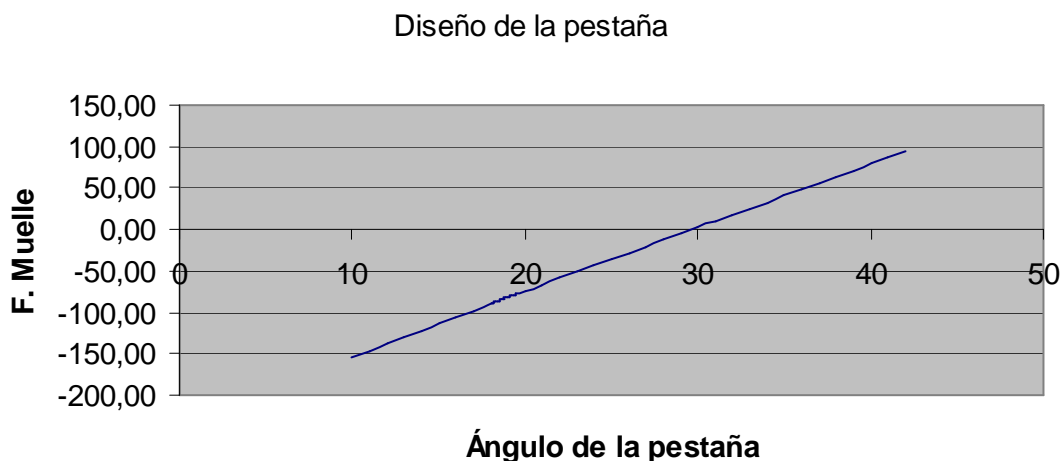


Figura 5.48. Diseño anclaje ASIBOT 2

Cálculo de la fuerza de desacople.

Una vez diseñado nuestra pestaña calcularemos si nuestro motor es capaz de desacoplar el macho de la hembra en condiciones de máxima compresión del muelle. Utilizaremos el mismo muelle que en el caso anterior cuya constante elástica era 6,565N/mm y sabiendo que necesita comprimirse 4,6mm para desanclar la pestaña.

La fuerza del muelle en compresión total será:

$$F_{muelle} = F_0 + K \cdot \Delta x = 48 + 4,6 \cdot 6,565 = 78,2N$$

Utilizaremos las fórmulas calculadas en el apartado 5.3.6 (ecuaciones 5.11 y 5.12) para obtener las fuerzas para poder desacoplarse:

$$\alpha = 36^\circ$$

$$\mu = 0,57$$

$$r = 0,056m$$

$$F_{mueller} = 78,2N$$

$$N = \frac{F_{mueller}}{(\sin \alpha - \mu \cdot \cos \alpha)} = 617,47N$$

$$F_{roz} = \mu \cdot N = 351,96N$$

$$M = (N \cdot \cos \alpha + F_{roz} \cdot \sin \alpha) \cdot r$$

$$M = 39,56N$$

$$M_m = M \cdot 3 = 118,6Nm$$

Obtenemos un par menor al par que nos puede suministrar nuestro motor, 137,6Nm frente a los 118,6Nm que necesitamos para desacoplar el ASIBOT 2. Por lo tanto para la nueva versión de ASIBOT no hará falta cambiar los motores y se podrá implementar nuestro anclaje en dicha versión.

5.3.7.- Uniones en el macho.

Nuestro proyecto esta compuesto por dos piezas que se deben montar por separado, estas son, el ensamblaje de la hembra y el ensamblaje del macho. Se realizarán los cálculos necesarios para garantizar las uniones [8]. Por ello diferenciaremos las uniones que se deben realizar en cada montaje por separado.

Para las distintas uniones en el macho (soporte con el macho y la corredera con el soporte) utilizaremos tornillos debido a que estos permiten el montaje y desmontaje de nuestro macho siempre que se requiera para mantenimiento.

5.3.7.1.-Tornillos corredera soporte

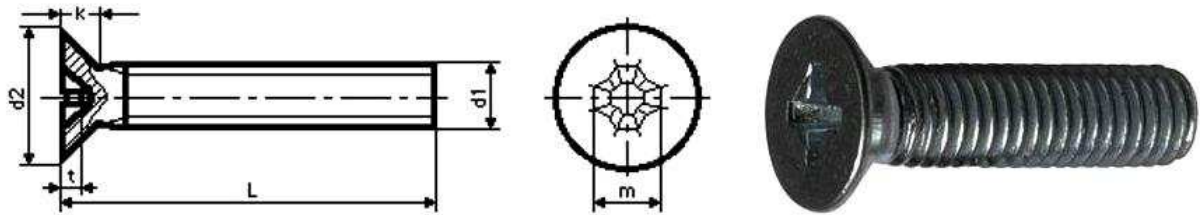
Se elegirán tornillos de acero con la cabeza avellanada de tal manera que sean autocentrantes, tengan una fácil colocación y que la cabeza del tornillo no sobresalga del plano de la pieza. [9]

Los tornillos elegidos son:

Tornillo de cabeza avellanada, rosca métrica M2, Estrella (Philips)

Acero A-4t.

Norma: DIN965, ISO 7046



Medidas	Dimensiones (mm)
d1	2
k	1,2
L	5
d2	3,8
Paso	0,4

Tabla 5.3. Tornillos corredera-soporte

Cálculos justificativos:

Resistencia a cortante

Se va a escoger un coeficiente de seguridad de 2. Los tornillos deberán soportar un cortante debido a la fuerza realizada por los muelles en compresión total (83,44N). Se utilizarán tornillos de métrica M2. En esta unión solo tendremos esfuerzos cortantes

Según la norma EA 95, el número de tornillos de una unión roscada viene dado por la siguiente fórmula:

$$N_t = C \cdot \frac{F}{0,65 \cdot AE \cdot \sigma_t} = 2 \cdot \frac{83,44(N)}{0,65 \cdot 1,788(mm^2) \cdot 235,44(N/mm^2)} = 1 \text{ tornillo}$$

C: coeficiente de seguridad

N_t : nº de tornillos que necesitamos

F: Esfuerzo cortante

AE: Área afectada, según la norma DIN13 el área del núcleo para un tornillo métrica M2 es de $1,788 \text{ mm}^2$

σ_t : Para un acero A-4t. obtenemos una tensión máxima del acero de $235,44 \text{ N/mm}^2$

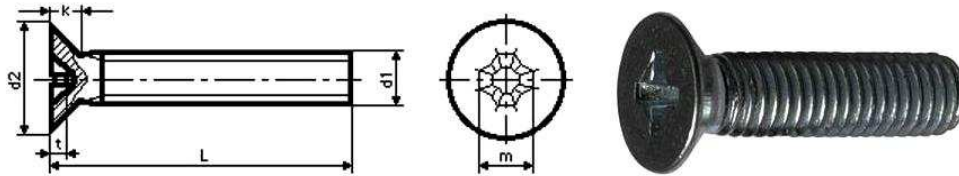
Comprobamos en la fórmula anterior que necesitamos un tornillo para aguantar nuestro esfuerzo cortante. En esta unión disponemos de cuatro tornillos.

5.3.7.2.- Tornillos corredera tapa

Utilizaremos los mismos tornillos que en el caso anterior, estos no deben soportar ningún esfuerzo, pues su única misión es unir la tapa con la corredera con el fin de proteger la pestaña y el resorte y que estos no se puedan desmontar.

Los tornillos elegidos son:

Tornillo de cabeza avellanada, rosca métrica M2, Estrella (Philips)
 Acero A-4t.
 Norma: DIN965, ISO 7046



Medidas	Dimensiones (mm)
d1	2
k	1,2
L	5
d2	3,8
Paso	0,4

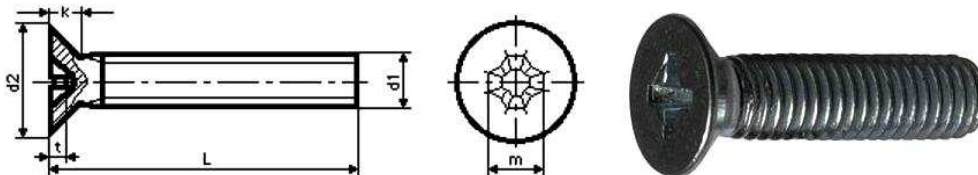
Tabla 5.4. Tornillos corredera-tapa

5.3.7.3.- Tornillos soporte con el macho

La unión entre el macho y el soporte se realizará también con tornillos M2 igual que en la unión anterior (corredera-soporte), elegiremos tornillos avellanados pues son de fácil colocación y conseguiremos que estos queden ocultos en el macho [9].

Los tornillos elegidos son:

Tornillo de cabeza avellanada, rosca métrica M2, Estrella (Philips)
 Acero A-4t.
 Norma: DIN965, ISO 7046



Medidas	Dimensiones (mm)
d1	2
k	1,2
L	8
d2	3,8
Paso	0,4

Tabla 5.5. Tornillos soporte-macho

Resistencia a cortante

Se elegirá nuevamente un coeficiente de seguridad de 2. Calcularemos la tensión máxima admisible por los tornillos, este caso la fuerza que deben aguantar nuestros tornillos se corresponde con el peso del soporte, pestañas, correderas, los tornillos que unen la corredera con el soporte, los que unen la tapa con la corredera, las tapas y los resortes.

Pieza	Peso (g.)	Unidades	Peso total (g.)
Pestaña	0,65	3	1,95
Soporte	81,37	1	81,37
Muelle	2,29	3	6,88
Corredera	8,89	3	26,67
Tornillos	0,15	24	3,6
Tapa	4,97	3	14,91
			135,38

Tabla 5.6. Pesos en el macho

Según la norma EA 95, el número de tornillos de una unión roscada viene dado por la siguiente fórmula:

$$P = m \cdot a$$

$$P = 0,135(Kg) \cdot 9,81 = 1,32N$$

$$N_t = C \cdot \frac{F}{0,65 \cdot AE \cdot \sigma_t} = 2 \cdot \frac{1,32(N)}{0,65 \cdot 1,788(mm^2) \cdot 235,44(N/mm^2)} = 1 \text{ tornillo}$$

C: coeficiente de seguridad

N_t : nº de tornillos que necesitamos

F: Esfuerzo cortante

AE: Área afectada, según la norma DIN13 el área del núcleo para un tornillo métrica M2 es de 1,788 mm²

σ_t : Para un acero A-4t. obtenemos una tensión máxima del acero de 235,44N/mm²

Comprobamos en la fórmula anterior que necesitamos un tornillo para aguantar nuestro esfuerzo cortante. En esta unión disponemos de seis tornillos. La utilización de un número de tornillos tan alto se debe a que las vibraciones en el soporte deben ser las mínimas posibles.

5.3.7.4.- Roscado del soporte.

En el soporte se utilizarán taladros avellanados para la unión de este con las correderas, estos serán pasantes y sin rosca de 2mm de diámetro [9].

También habrá que realizar los roscados para la unión con el macho, estos serán de métrica M2 y tendrán una longitud de 4,5mm. Habrá que realizar un talado previo al mecanizado del roscado de 1,6mm de diámetro y su velocidad de corte en el roscado con macho deberá estar comprendido entre 8 y 12 m/min. y un ángulo de desprendimiento de entre 13° y 18° utilizando aceites de corte para su refrigeración.

La distribución de los roscados se puede ver en la figura 5.49.

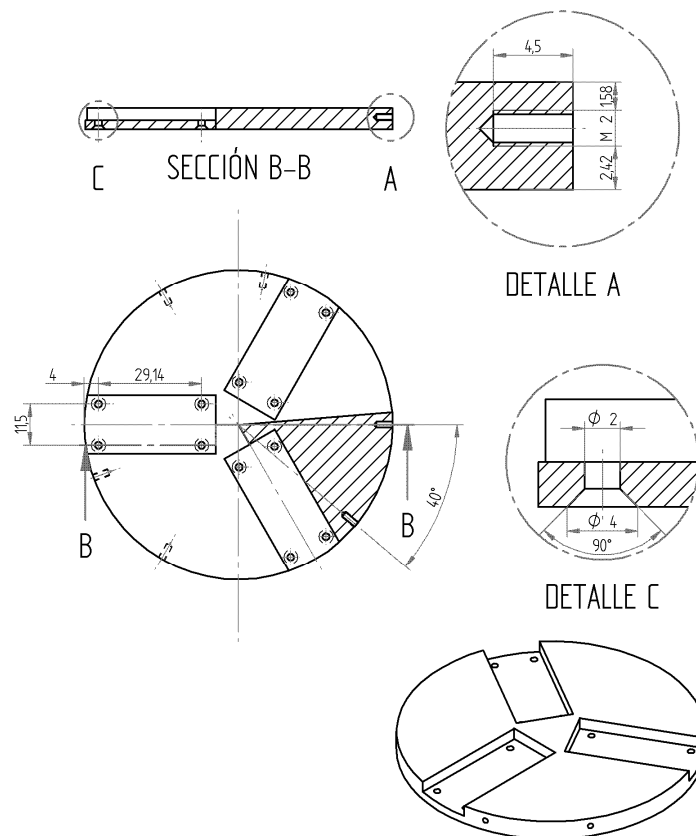


Figura 5.49. Roscado del soporte

5.3.7.5.- Roscado de la corredera.

El roscado de la corredera será también de métrica M2 y paso 0,4mm, como en el caso anterior habrá que realizar un talado previo de 1,6mm de diámetro y una velocidad de corte en el roscado con macho entre 8 y 12 m/min. y un ángulo de desprendimiento de entre 13° y 18° utilizando aceites de corte para su refrigeración, tendrá una longitud de 3mm aquellos necesarios para la unión con el soporte y de 2,5mm de longitud los necesarios para unirlo con la tapa (Figura 5.50)

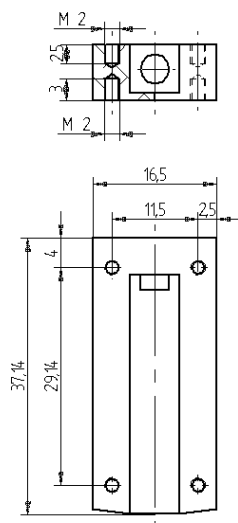


Figura 5.50. Roscado en la corredera

5.3.7.6.- Roscado en la tapa

El taladro en la tapa será avellanado, sin roscar y pasante. Servirá para unir la tapa con la corredera (Figura 5.51).

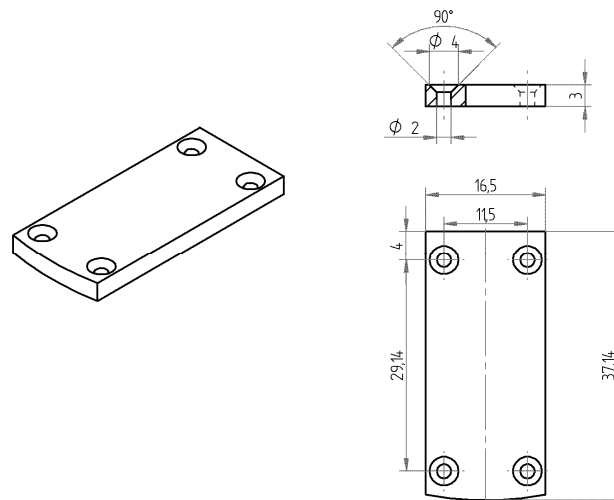


Figura 5.51. Roscado de la tapa

5.3.7.7.- Roscado en el macho.

Los seis taladros en el macho se realizarán con un avellanado de 4mm de diámetro y una profundidad de 1,2mm, de tal forma que la cabeza del tornillo quede oculta en el macho. Como el espesor del macho en esa zona es de 4mm, los 2,8mm restantes irán con un taladro de 2mm de diámetro (Figura 5.52).

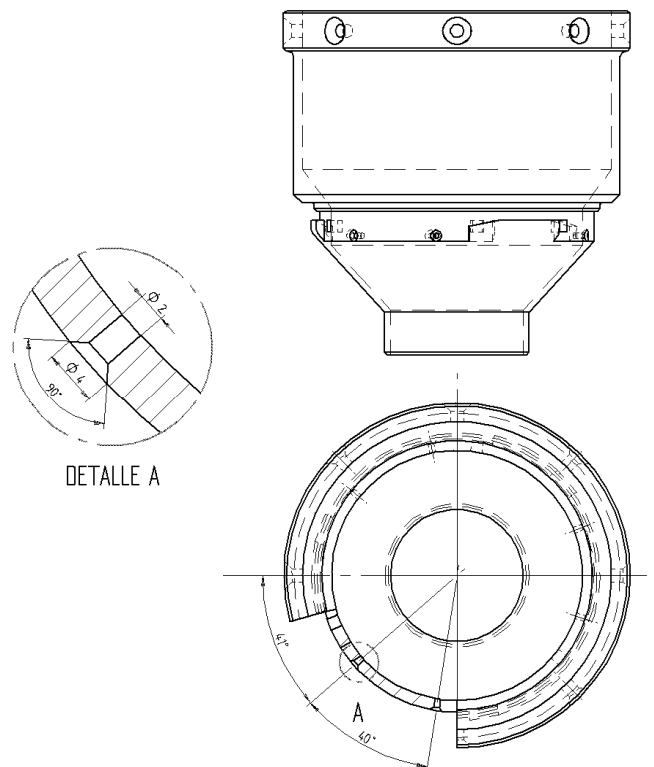


Figura 5.52. Disposición de los agujeros en el macho

5.3.8.- Uniones en el montaje de la hembra.

5.3.8.1.- Tornillos en la hembra

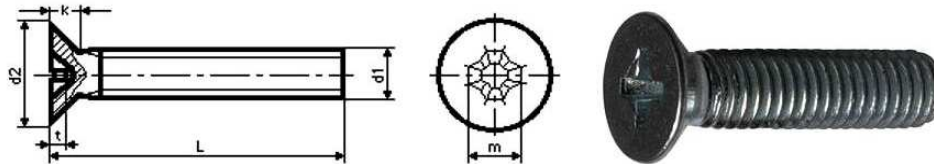
Para poder mecanizar la hembra, debido a su complicada geometría, se tendrá que dividir en tres partes, las cuales se unirán mediante tornillos avellanados de métrica M6 y 16mm de longitud [9].

Las características de los tornillos elegidos son los siguientes:

Tornillo de cabeza avellanada, rosca métrica M6, Estrella (Philips)

Acero A-4t.

Norma: DIN965, ISO 7046



Medidas	Dimensiones (mm)
d1	6
k	3
L	16
d2	11
Paso	1

Tabla 5.7. Tornillos en la hembra

Cálculo a cortante

Se va a escoger tornillos de métrica M6 y un coeficiente de seguridad de 2. Por lo que debemos saber cuantos tornillos necesitamos para nuestra unión, deberán soportar un cortante debido al peso de todo el robot (150N).

Según la norma EA 95, el número de tornillos de una unión roscada viene dado por la siguiente fórmula:

$$N_t = C \cdot \frac{F}{0,65 \cdot AE \cdot \sigma_t} = 2 \cdot \frac{150(N)}{0,65 \cdot 12,57(mm^2) \cdot 235,44(N/mm^2)} = 1 \text{ tornillo}$$

C: coeficiente de seguridad

N_t : nº de tornillos que necesitamos

F: Esfuerzo cortante

AE: Área afectada, según la norma DIN13 el área del núcleo para un tornillo métrica M6 es de 17,893 mm²

σ_t : Para un acero A-4t.obtenemos una tensión máxima del acero de 235,44N/mm²

Comprobamos que necesitamos un solo tornillo y en nuestra hembra hay 6 tornillos M6 por lo que estamos en el margen de la seguridad.

Cálculo a tracción

Según la norma EA95 tenemos que la sollicitación para un tornillo a tracción es de:

$$N = 0.8 \cdot \sigma_t \cdot A_R = 0.8 \cdot 235,44 \cdot 20,141 = 3793,59N$$

$$F_t = \frac{P}{n} = \frac{150N}{6} = 25N$$

N: Sollicitación de un tornillos a tracción

A_R =Área resistente, según la norma DIN13 para un tornillo de métrica M6, son 20,141mm²

σ_t : Es la resistencia de cálculo para A4t, que es igual a 235,44N/mm2

F_t : Fuerza que soportan los tornillos

n: número de tornillos

P: peso del robot

Comprobamos que la fuerza que deben soportar cada uno de los tornillos a tracción (25N) es menor a la que soporta realmente cada tornillo (3793N)

Cálculo a la sollicitación a tracción y a cortante.

Sobre el tornillo puede actuar esfuerzo en tracción y un cortante.

Se realizará la comprobación de la tensión compuesta en el vástago, en el agotamiento de ambos esfuerzos, para mayorar el resultado supondremos que el cortante y el esfuerzo tractor son los máximos posibles (150N), nunca llegaremos a tener un cortante y tractor de 150N cada uno.

$$\sigma_{co} = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2} \leq \sigma_t$$

$$\sqrt{8,38^2 + 3 \cdot 7,45^2} = 15,38 \leq 235,44$$

$$\sigma_t(A4t) = 235,44Mpa$$

σ es la tensión ponderada originada por la fuerza de tracción

$$\sigma = \frac{F}{AE} = \frac{150(N)}{17,893(mm^2)} = 8,38Mpa$$

τ es la tensión tangencial ponderada originada por el cortante Q

$$\tau = \frac{Q}{A_r} = \frac{150}{20,141} = 7,45Mpa$$

Comprobamos que la tensión que deben soportar cada uno de los tornillos a una sollicitación combinada nunca superará (15,38Mpa) es menor a la que soporta realmente cada tornillo (235,44Mpa)

5.3.8.2.- Roscados en la hembra

La hembra se dividirá en tres partes para poder ser mecanizada, una tapa superior, una tapa intermedia y el chasis (Figuras 5.53, 5.54 y 5.55).

La tapa superior será la encargada de recibir el tornillo, por ello tendrá que ser avellanada (Figura 5.53). Tanto la tapa superior como la tapa intermedia no serán roscadas, los taladros serán de 7mm de diámetro (Figura 5.53 y 5.54), mientras que el chasis necesitará un roscado de M6 con una profundidad de 7mm (Figura 5.55).

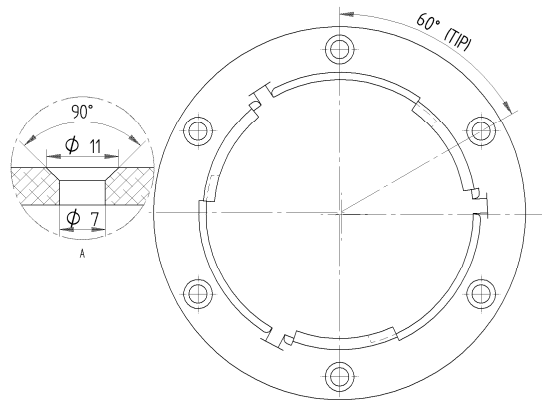


Figura 5.53. Disposición de los taladros en la tapa superior

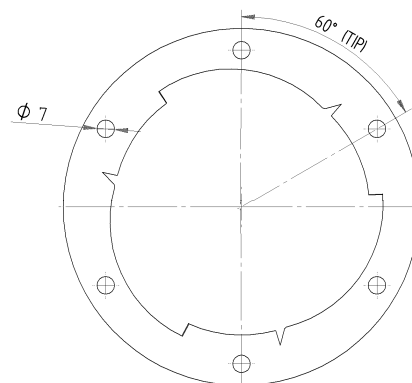


Figura 5.54. Disposición de los taladros pasantes en la tapa intermedia

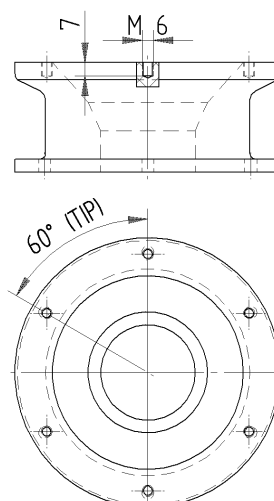


Figura 5.55. Disposición de los roscados en el chasis

6.-FABRICACIÓN Y MONTAJE.

6.1.- Fabricación.

Todas las piezas serán de aluminio 7075-T6 (Al-Zn-MG-Cu) [12], a excepción de tornillos y muelles que no necesitan ser mecanizados.

Se ha utilizado este material debido a que es un material ligero, de densidad $2,8 \text{ gr/cm}^3$ [13] (el aluminio es el más ligero de todos los metales para uso estructural, a excepción del magnesio, el aluminio pesa solo la tercera parte que el hierro y el cobre), se puede alear para conseguir aumentar su resistencia mecánica (manganeso, silicio, cobre, magnesio y zinc), alta resistencia a la Corrosión (en un ambiente en el que el aire esté húmedo se forma una película fina resistente de óxido de aluminio que protege que la oxidación avance hacia el interior del metal), es un material no tóxico, es de fácil mecanizado, no necesita tratamientos superficial y es un material con una amplia gama en el mercado, elegiremos en cada caso el que mejor se adapte a su mecanizado [14].

Podemos ver en la siguiente figura la terminación final, con las piezas ya mecanizadas.

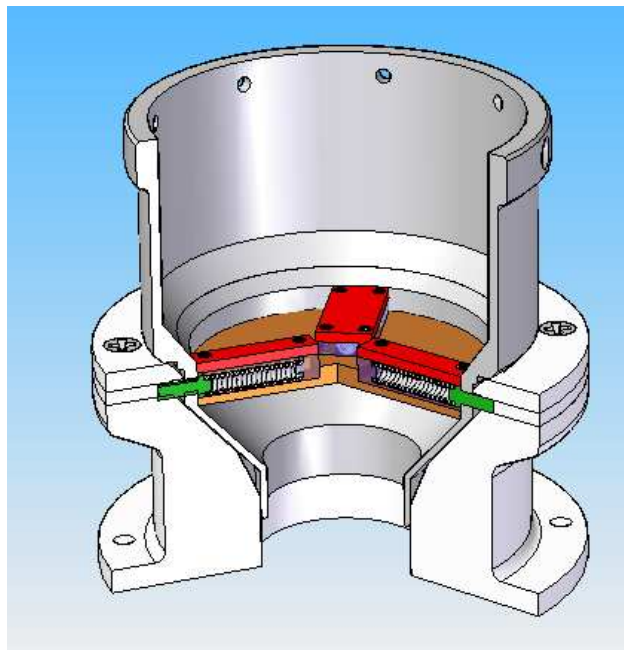


Figura 6.1. Sección conjunto montado

6.1.1.- Correderas

Las correderas irán atornilladas al soporte por medio de las roscas que observamos en la parte inferior de la misma, las roscas superiores se utilizaran para atornillar la tapa.

El mecanizado será mediante una fresadora que se utilizará para darle la forma exterior y el cajeadado interior, a continuación se realizará un taladro donde se introducirá la guía

del muelle, esa irá a presión dentro de la corredera, esta guía tendrá que ser mecanizada por separado (Figura 6.2).

A continuación se realizarán los roscados en las dos caras de la corredera, estos serán de M2 y de una profundidad de 2,5 y 3mm (el mecanizado y medidas del roscado se explica en el capítulo anterior)

El material elegido será aluminio para intentar minimizar el peso del conjunto.

Datos:

Corredera	
Material	Aluminio 7075-T6
Masa (g)	8,89
Volumen (mm ³)	2681,48

Tabla 6.1. Características de la corredera

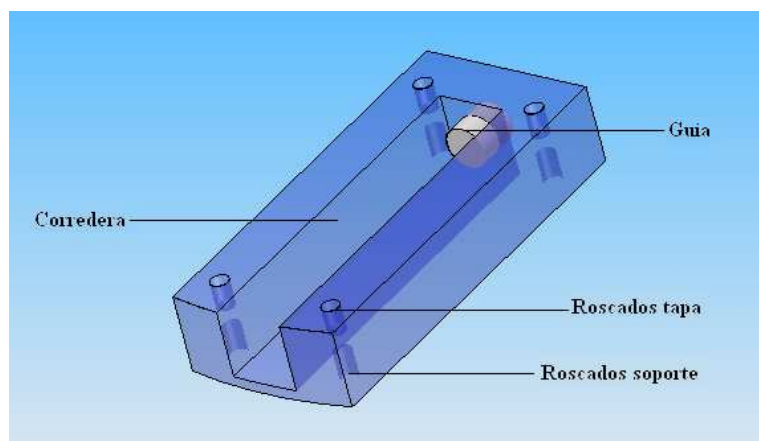


Figura 6.2. Corredera mecanizada

6.1.2.- Soporte

La corredera irá atornillada al soporte y este a su vez irá atornillado al macho, se observa en la figura las roscas laterales que servirán para atornillarse al macho.

El soporte será mecanizado en aluminio mediante un fresado de una plancha cuadrada de 6mm de espesor y 10cm de lado, primero se realizará un fresado del perímetro del soporte de 87mm de diámetro, se fresarán los 3 cajeados donde posteriormente se introducirá la corredera. Para realizar los roscados que tenemos en el espesor del soporte, de métrica M2 y longitud 4,5mm. Para terminar con los taladros avellanados que servirán para unir las correderas estos son de 2mm de diámetro y sin roscar

Datos:

Soporte	
Material	Aluminio 7075-T6
Masa (g)	81,37
Volumen (mm ³)	29079,46

Tabla 6.2. Características de soporte

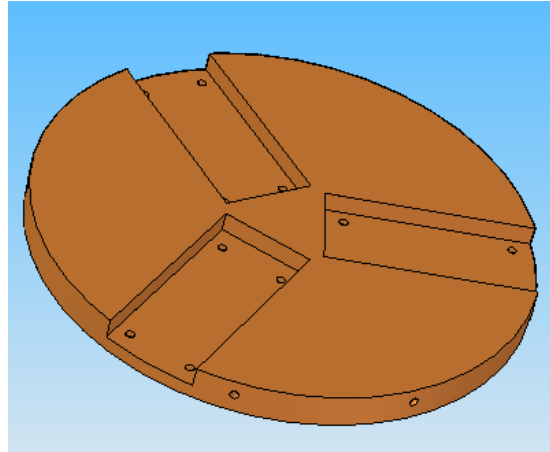


Figura 6.3. Soporte mecanizado

6.1.3.- Pestaña

Las tres pestañas de nuestro macho se mecanizaran en aluminio por medio de una fresadora, pudiéndose mecanizar de una sola pieza (Figura 6.4).

Datos:

Pestaña	
Material	Aluminio 7075-T6
Masa (g)	0,65
Volumen (mm ³)	212,33

Tabla 6.3. Características de la pestaña

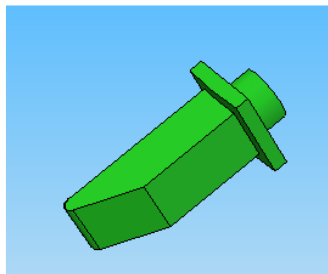


Figura 6.4. Pestaña mecanizada

6.1.4.- Tapa

La tapa que irá atornillada a la corredera se mecanizara a través de un fresado de una plancha de aluminio de 3mm de espesor, posteriormente se realizarán los avellanados y taladros necesarios (Figura 6.5) como se describió en el capítulo anterior.

Tapa	
Material	Aluminio 7075-T6
Masa (g)	4,97
Volumen (mm ³)	1770,97

Tabla 6.4. Características de la tapa

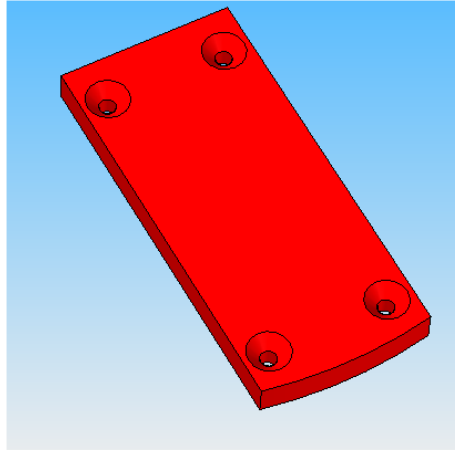


Figura 6.5. Tapa mecanizada

6.1.5.- Macho

Al macho habrá que mecanizar con respecto al macho original únicamente los huecos por donde asomarán las pestañas de 4x4mm y los taladros necesarios para poder unir el soporte al macho, estos serán de 2mm de diámetro, se realizará un avellanado de 4mm de diámetro y 1,2mm de profundidad, con el fin de alojar la cabeza de los tornillos quedando esta oculta en el macho (Figura 6.6).

Datos:

Material: Aluminio 7075-T6

Masa: 0,39Kg

Volumen: 138161,44mm³

Macho	
Material	Aluminio 7075-T6
Masa (g)	385,98
Volumen (mm ³)	138095,80

Tabla 6.5. Características del macho

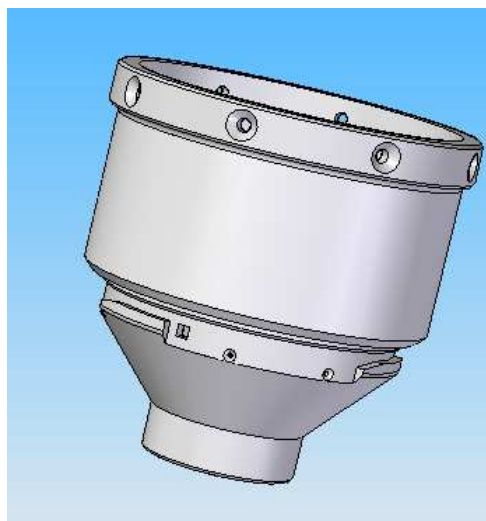


Figura 6.6. Macho

6.1.6.- Hembra

La hembra habrá que mecanizarla por completo, no pudiendo utilizar alguna anterior debido a la complejidad de la forma. Para ello se dividirá en tres partes las cuales se unirán mediante tornillos en el montaje.

6.1.6.1.- Chasis

Esta parte se mecanizará mediante un torneado exterior y un torneado de la parte interior, para darle la forma requerida. Una vez torneado se realizarán los taladros en la base de la pieza y se terminará el mecanizado con los roscados en la cara que se unirá a la tapa intermedia de la hembra (Figura 6.7).

Chasis	
Material	Aluminio 7075-T6
Masa (g)	1272,52
Volumen (mm ³)	469217,85

Tabla 6.6. Características del chasis

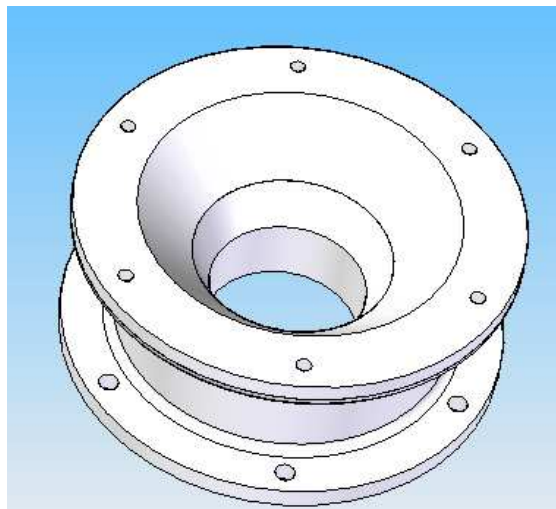


Figura 6.7. Chasis

6.1.6.2.- Tapa intermedia.

Se realizará un mecanizado de una plancha de 4mm de espesor, mediante una fresadora dando la forma requerida, terminando con el mecanizado de los taladros pasantes de 7mm de diámetro (Figura 6.8).

Tapa intermedia	
Material	Aluminio 7075-T6
Masa (g)	72,61
Volumen (mm ³)	26772,73

Tabla 6.7. Características de la tapa intermedia.

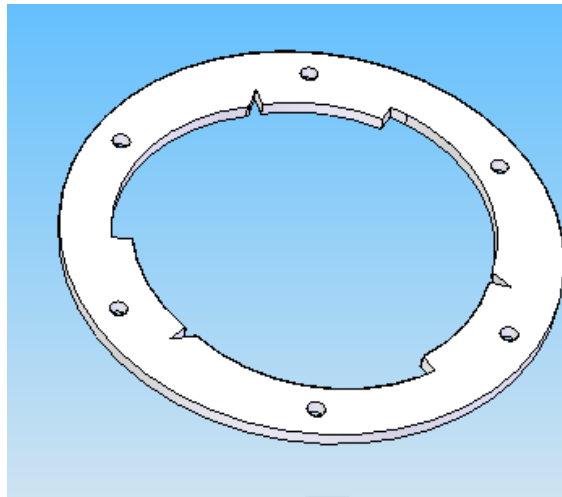


Figura 6.8. Tapa intermedia

6.1.6.2.- Tapa superior.

Se realizará mediante una plancha de 6mm de espesor la cuál se fresará dando la geometría que necesitamos, terminando con los taladros avellanados donde irán los tornillos para su unión con las otras 2 partes de la hembra (Figura 6.9).

Tapa superior	
Material	Aluminio 7075-T6
Masa (g)	113,11
Volumen (mm ³)	41707,90

Tabla 6.8. Características de la tapa superior

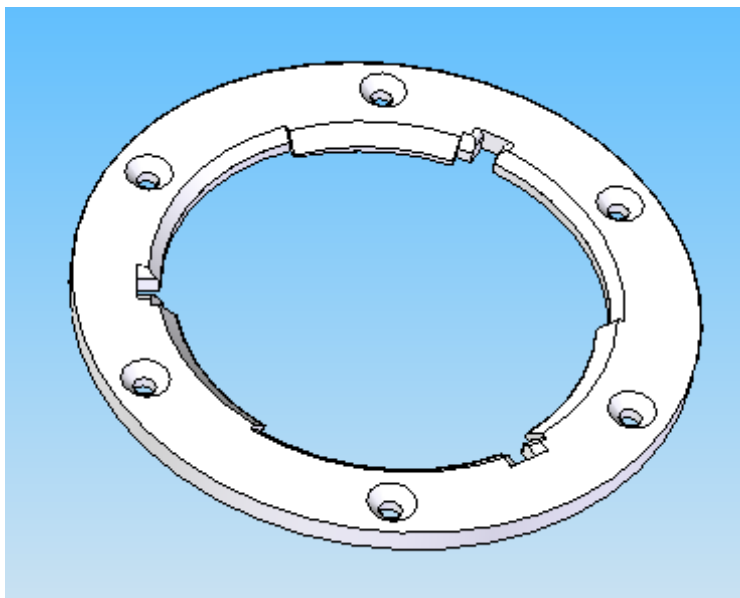


Figura 6.9. Tapa superior

6.1.7.- Tabla de masas

Tenemos una tabla resumen donde podemos comprobar las masas de los distintas piezas mecanizadas, así como aquellas que no necesitamos mecanizar como son los tornillos o los resortes.

Pieza	Cantidad	Masa por unidad (g)	Masa total (g)
Corredera	3	8,89	26,67
Soporte	1	81,37	81,37
Pestaña	3	0,65	1,95
Tapa	3	4,97	14,91
Macho	1	385,98	385,98
Chasis	1	1272,52	1272,52
Tapa intermedia	1	72,61	72,61
Tapa superior	1	113,11	113,11
Tornillo M2x0,4x5	24	0,15	3,6
Tornillos M2x0,4x8	6	0,2	1,2
Tornillo M6x1x16	6	3,65	21,9
Muelle	3	2,29	6,87
Total			2002,69

Tabla 6.9. Masas

6.2.- Montaje

6.2.1.- Montaje del macho

El montaje del macho se hará procediendo de la siguiente manera

1.- Ensamblaje de las tres correderas en el soporte.

Para ello deberemos atornillar las tres correderas con cuatro tornillos cada una de métrica M2 y longitud 5mm, como se puede ver en la figura siguiente.

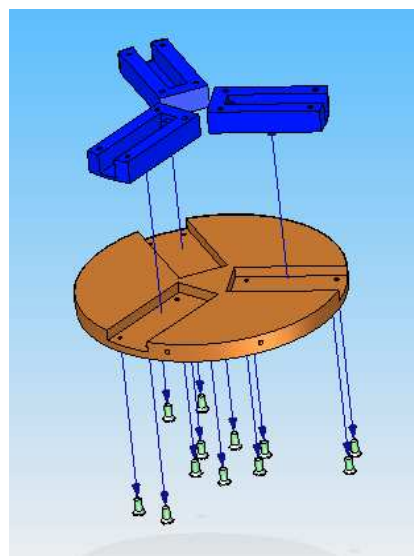


Figura 6.10. Montaje del soporte

2.- Colocación del soporte en el macho.

Introduciremos el soporte en el macho y lo fijaremos a este con 6 tornillos de métrica M2 y longitud 8mm, (Figura 6.11)

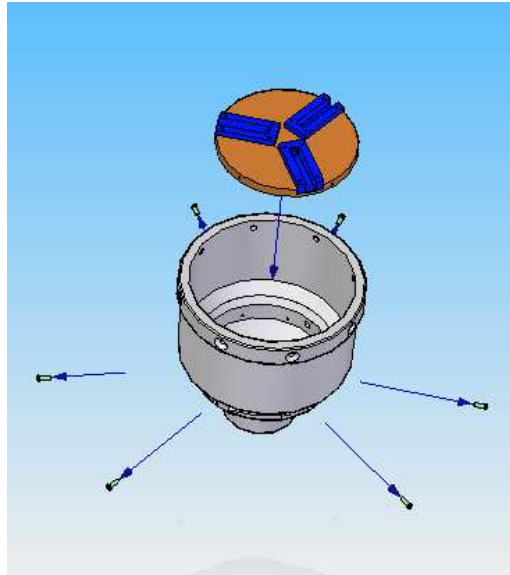


Figura 6.11. Montaje del soporte en el macho

3.- Colocación de las pestañas y resortes.

Por último habrá introducir las tres pestañas y los tres resortes dentro de cada corredera, posteriormente se atornillará una tapa en la corredera, con cuatro tornillos cada una de métrica M2 y longitud 5mm (Figura 6.12).

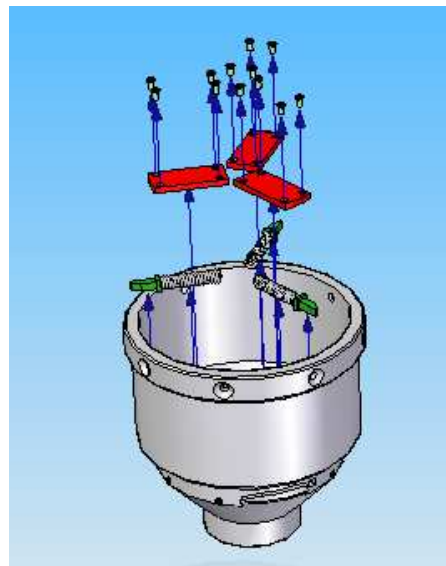


Figura 6.12. Montaje de las pestañas y resortes

6.2.2.- Montaje de la hembra

El montaje de la hembra se realizara uniendo las tres partes de la que se compone mediante tornillos de métrica M6 y 16mm de longitud (Figura 6.13).

Cuidado en no colocar tapa intermedia de la hembra (donde va alojada la pestaña) en sentido inverso, el macho se deberá anclar en sentido horario y desanclarse en sentido antihorario, el hueco preparado para recibir a la pestaña en la tapa superior deberá coincidir con el comienzo de la guía en la tapa intermedia.

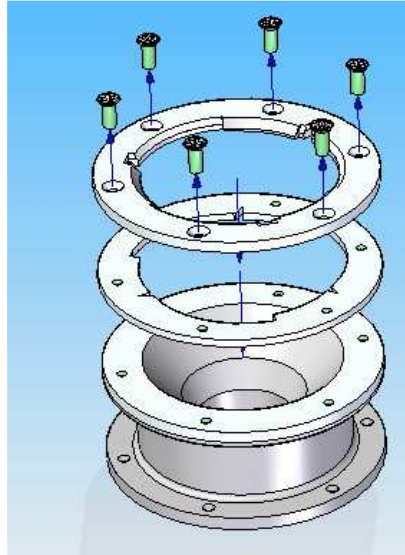


Figura 6.13. Montaje de la hembra

7.- CONCLUSIONES

7.1. Análisis crítico

El anclaje realizado ha resuelto las expectativas básicas para las que ha sido creado. Se ha conseguido realizar una fijación rápida que, mediante los movimientos del robot, se ancla y de desancla de forma rápida, sin necesidad de ayuda de ningún tipo de actuador externo. También se llegó hasta un diseño que pudiese ser posible su mecanizado y montaje, de la forma más económica posible.

Es un anclaje robusto por diversos motivos. El primero viene dado por su diseño mecánico en el que se ha utilizado una aleación de aluminio que fuese muy ligero y resistente. Además se han integrado perfectamente los elementos que componen el conjunto haciéndolo muy compacto y ligero.

Este sistema consigue anclar de forma sencilla y segura el macho con la hembra, realizando únicamente dos movimientos, uno de aproximación, donde el macho se introduce en la hembra y un segundo paso, que sería de giro, donde quedaría el macho totalmente unido con la hembra. Recordemos que el sistema anterior necesitaba tres movimientos para anclar el macho con la hembra (aproximación, giro y anclaje por pasador), siendo el nuevo sistema mas eficiente.

Se ha conseguido un sistema que cumple con las condiciones de seguridad propuestas en el las especificaciones. Consiguiendo también un sistema con pocas piezas, minimizando así el riesgo de fallo que pudiera tener alguna de ellas, y teniendo en cuenta que las piezas sometidas a desgaste son las más económicas de nuestro anclaje, estas son pestañas y resortes, pudiéndolas cambiar de forma fácil y segura.

En cuanto a sus dimensiones, se han respetado las dimensiones envolventes tanto del macho como de la hembra. Pues en el macho solo es necesario realizar los taladros por donde asomarán las pestañas, y aquellos necesarios para anclar el soporte. Mientras, en la hembra, debido a la dificultad de mecanizado en la parte de la guía de la pestaña, no será posible su reutilización, aún así se ha respetado su forma, solo modificado lo necesario para introducir la guía de anclaje. Conseguimos el objetivo de mantener el cono autocentrante tanto en el macho como en la hembra, pues este había dado buen resultado en la versión anterior.

El único objetivo que no hemos conseguido superar es la reutilización de los motores internos de los que se dispone. Debido a que estos no son capaces de proporcionarnos el par necesario para poder desacoplar el macho de la hembra. Estos motores deberán ser elegidos para poder desacoplar las pestañas. No obstante sabemos que la versión futura del robot, el ASIBOT 2, será mucho mas compacto y ligero, demostrando que para este caso nuestro sistema es viable y se podrán utilizar los motores internos de los que dispone.

En conclusión, se ha logrado crear un sistema de fijación rápida específico para el robot ASIBOT, consiguiendo superar un reto importante que es que el anclaje funcione de forma pasiva, pues hay muy pocos sistemas en la industria que funcionen de esta forma, por lo que hubo que recurrir a un sistema específico.

7.2.- Trabajos futuros

Durante el desarrollo de la fijación rápida se han ido descubriendo problemas que se han solucionado con la realización de nuevos diseños y la implementación de nuevos sistemas y soluciones.

El nuevo sistema es el primer prototipo de la Docking station que permite al robot ASIBOT anclarse y desanclarse de forma autónoma, por lo que existen diversas mejoras que se pueden implantar. A continuación se van a comentar algunas mejoras que se podrían realizar con el fin de que se puedan tener en cuenta en trabajos futuros, estas van encaminadas a conseguir que el robot pueda anclarse y desanclarse de forma lo mas eficiente posible.

- Se intentará cambiar los muelles por otro sistema mas eficiente que ejerza la fuerza sobre las pestañas
- Optimizar el diseño de la tapa intermedia de la hembra, buscando cual es el más favorable a la hora de anclar y desanclar la pestaña, recordemos que la fabricación de la hembra se realiza mediante tres piezas, no como en el modelo anterior que era una sola pieza, por lo que podremos elegir un material exclusivo para la parte de la guía. Si modificamos estos parámetros habrá que modificar también el ángulo de las pestañas.
- Realizar un estudio paramétrico, con el fin de determinar como afectan a nuestra fijación un cambio en el peso o longitud de nuestro robot o un cambio en el diámetro tanto del macho como de la hembra.
- Revisaremos las especificaciones de partida, intentándonos aproximar más al límite real del robot. El peso del mismo y carga máxima en el extremo pueden estar sobredimensionadas, más teniendo en cuenta, que estos dos valores se van a tender a reducir en futuras versiones, los cuales habrá que revisar una vez tengamos los datos definitivos del ASIBOT 2.
- En el caso de que quisiéramos utilizar motores menos potentes en nuestras siguientes versiones (teniendo en cuenta que estas versiones van a ser menos pesadas), convendría buscar resortes con una menor constante de elasticidad, así cuando el muelle este completamente comprimido ejercerá la menor fuerza posible

8.- BIBLIOGRAFÍA:

8.1.- Páginas de Internet

Información sobre anclajes y robótica

[1] <http://roboticslab.uc3m.es/roboticslab/>. Accedido en Marzo 2010

[2] http://www.spirol.com.mx/company/products/prod_d.php?ID=90. Accedido en Marzo 2010

[3] <http://www.schunk.com>. Accedido en Junio 2010

[4] <http://es.schmalz.com>. Accedido en Marzo 2010

Acero

[5] <http://www.engineershandbook.com/Tables/steelprop.htm>. Accedido en Noviembre 2010

Muelles

[6] http://www.vanel.com/_download/compression-eng.pdf. Accedido en Febrero 2011

[7] <http://www.lacasadelosmuelles.com/>. Accedido en Abril 2011

Uniones

[8] http://www.uclm.es/area/ing_rural/Trans_const/ElementosConstruccionAnejo.PDF
Accedido en Enero 2011

[9] http://www.fullermetric.com/products/machine/din965phillips_flat_head_countersunk.html. Accedido en Enero 2011

[10] <http://www.cosa-orpella.com/PDF/TORNILLERIA/DIN%20965%20ZINCADO.pdf>.
Accedido en Enero 2011

[11] <http://www.shoptronica.es/1033-tornillos-tuercas-acero-inox-m2-din965.html>.
Accedido en Marzo 2011

Aluminio

[12] <http://www.electrocome.com/al7075.htm>. Accedido en Octubre 2010

[13] <http://www.delmetal.com.ar/productos/aluminio/7075.pdf>. Accedido en Noviembre 2011

[14] <http://www.alu-stock.es/>. Accedido en Mayo 2011

8.2.- Apuntes y libros

Tesis doctoral.

[15] JARDÓN HUETE, Alberto. “Metodología de diseño de robots asistenciales. Aplicación al robot portátil ASIBOT”. Directores: Antonio Giménez Fernández, Carlos Balaguer Bernaldo de Quirós. Universidad Carlos III de Madrid, Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática, Leganés, Junio 2006.

[16] GONZÁLEZ GÓMEZ, Juan. “DISEÑO DE ROBOTS ÁPODOS”. Tutor: Eduardo Boemo. Universidad Autónoma de Madrid. Julio 2003

Proyectos fin de carrera

[17] MARTÍNEZ DE LA CASA DÍAZ, Santiago. “Diseño e Implementación de los Sistemas Embarcados del Robot MATS”. Universidad Carlos III de Madrid, Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática, Leganés, Febrero 2005

Artículos.

[18] BALAGUER, Carlos; JARDÓN HUETE, Alberto; CORREAL, Raúl; GIMÉNEZ, Antonio; MARTÍNEZ, Santiago. “ASIBOT: Robot portátil de asistencia a discapacitados. Concepto, arquitectura de control y evaluación clínica”. *Revista Iberoamericana de Automática e informática industrial*. ISSN: 1697-7912. Vol.5, núm. 2, Abril 2008. pp. 48-59.

[19] BALAGUER, Carlos; GIMENEZ, Antonio; JARDÓN HUETE, Alberto. “The MATS Service Climbing Robot for Personal Assistance”. *IEEE Robotics & Automation Magazine*. Marzo 2006

[20] QIONG FEI, Yan; YANG, Wei; YU, Jiang. “Structure Analysis of Hybrid Self-Reconfigurable Modular Robot”. *Advanced Materials Research*. Vols 299-300, (2011), pp1064-1067.

Monografías.

[21] COCA, Pedro. *Manual del aluminio*. Vol.1, 2ª Ed. Reverté S.A. Barcelona. 2004.

[22] MENESES ALONSO, Jesús; ÁLVAREZ CALDAS, Carolina; RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ, Santiago. *Introducción al Solid Edge*. 1ª Ed. Thomson. Madrid. 2006

Apuntes.

[23] Apuntes de la asignatura Teoría de estructuras y construcciones industriales I, Universidad Carlos III, Carrera Ingeniería técnica industrial mecánica, curso tercero, primer cuatrimestre.

[24] Apuntes de la asignatura: Teoría de estructuras y construcciones industriales II. Universidad: Carlos III. Carrera: Ingeniería técnica industrial mecánica. Curso tercero. Cuatrimestre: segundo.

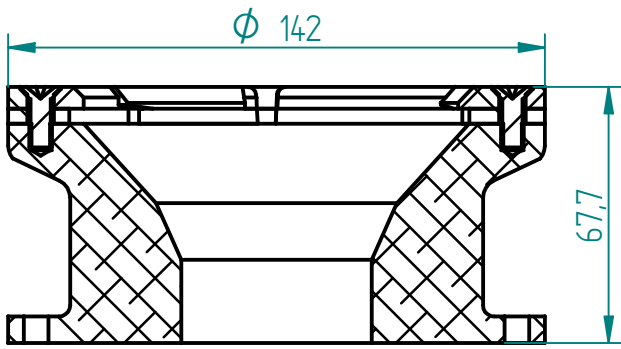
[25] Apuntes de la asignatura: Tecnología mecánica. Universidad: Carlos III. Carrera: Ingeniería técnica industrial mecánica. Curso: tercero. Cuatrimestre primero

[26] Apuntes de la asignatura: Mecánica Industrial. Universidad: Carlos III. Carrera: Ingeniería técnica industrial mecánica. Curso: segundo. Cuatrimestre primero

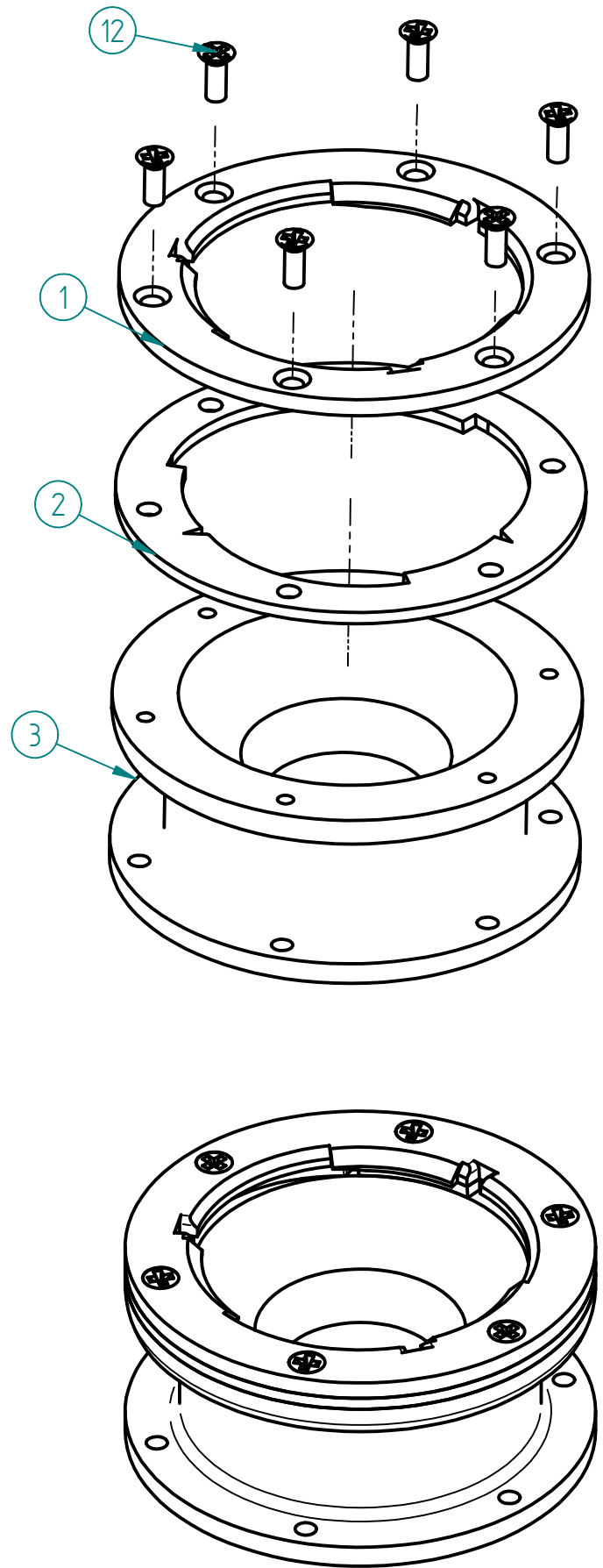
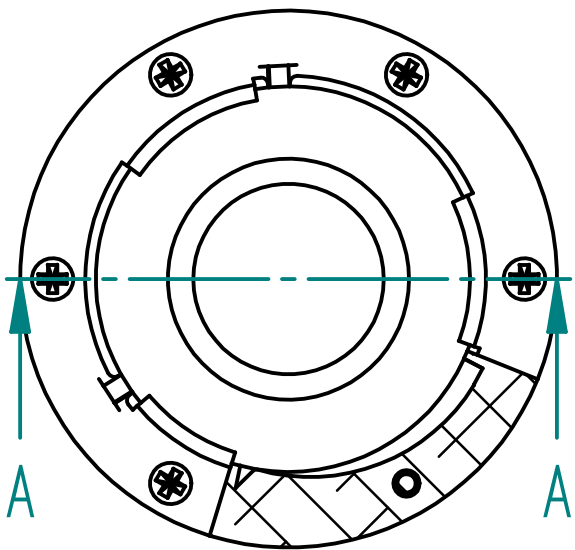
[27] Apuntes de la asignatura: Diseño asistido por computador. Universidad: Carlos III. Carrera: Ingeniería técnica industrial mecánica. Curso: segundo. Cuatrimestre primero


9.- ANEXOS**Apéndice 1.- Planos****Listado de piezas**

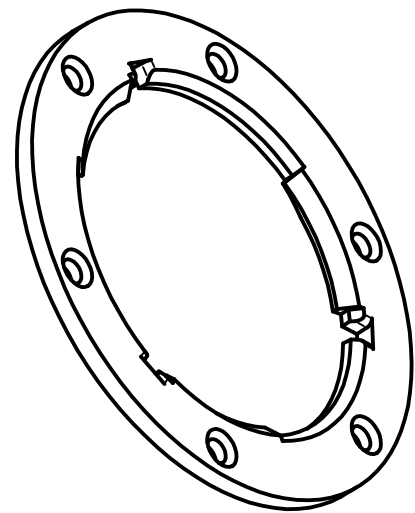
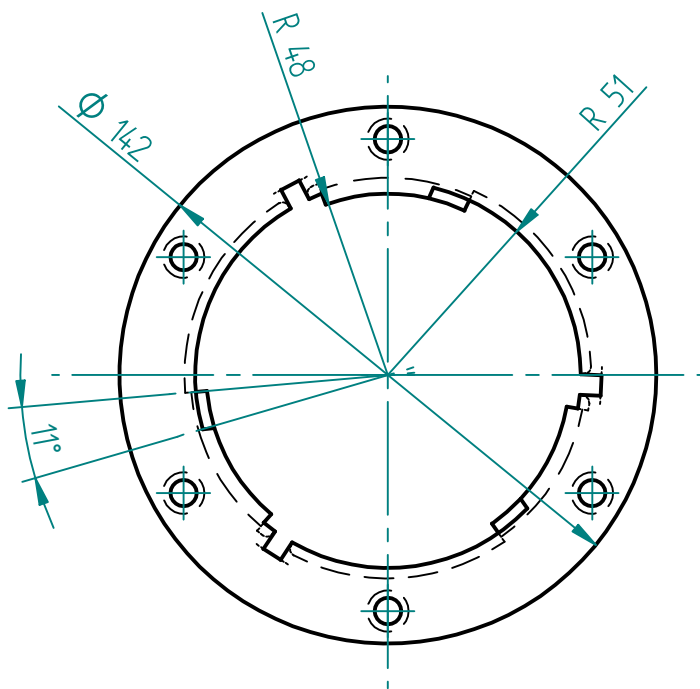
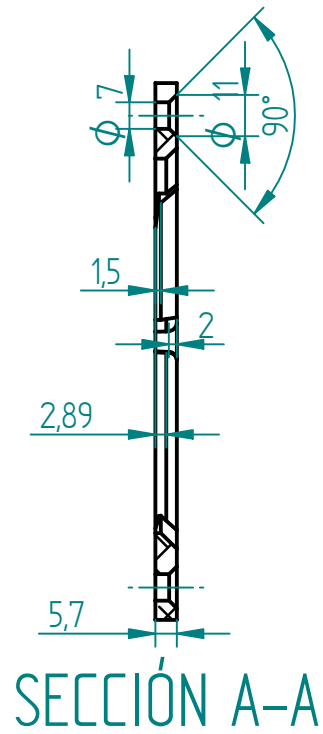
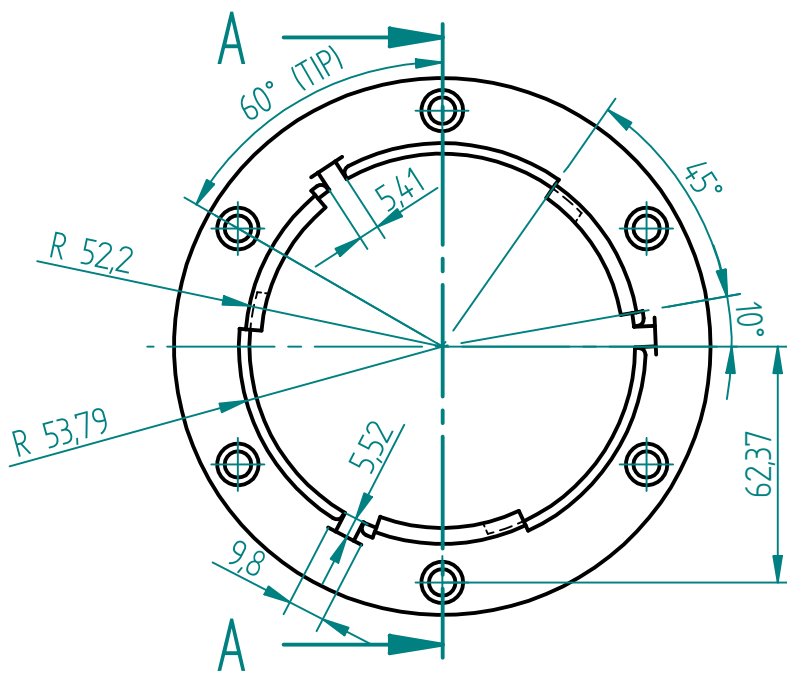
Nº de identificación	Nombre de la pieza	Cantidad	Lámina
1	Tapa superior	1	2
2	Tapa intermedia	1	3
3	Chasis	1	4
4	Macho	1	6
5	Soporte	1	7
6	Corredera	3	8
7	Pestaña	3	9
8	Tapa	3	10
9	Resortes	3	11
10	Tornillo M2x0,4x5	24	
11	Tornillos M2x0,4x8	6	
12	Tornillo M6x1x16	6	




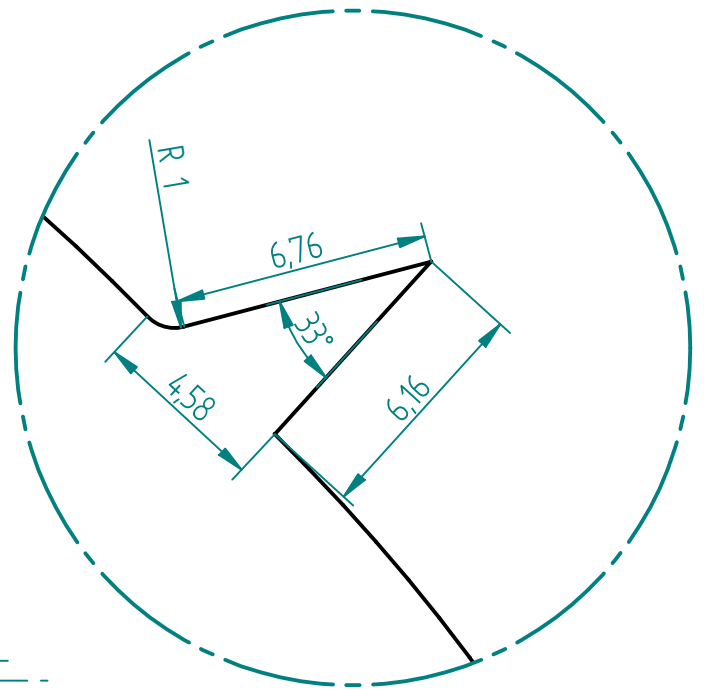
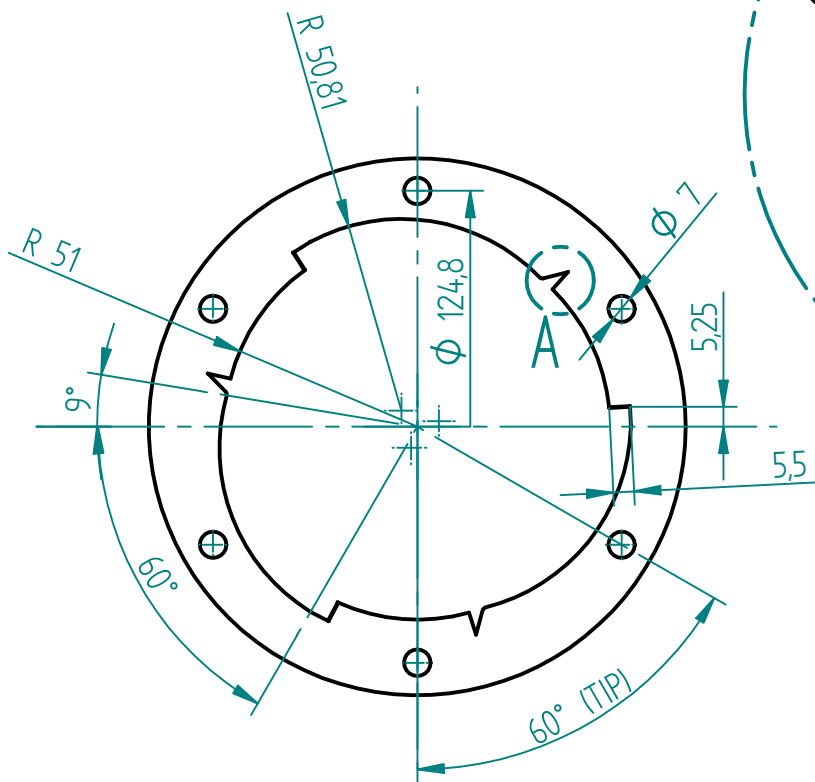
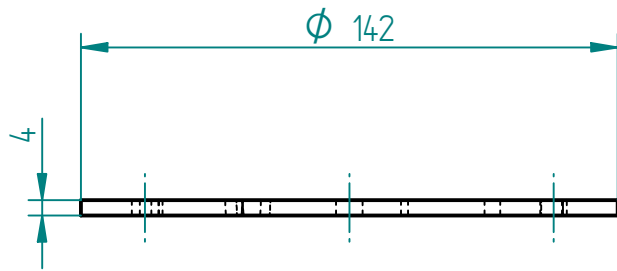
SECCIÓN A-A



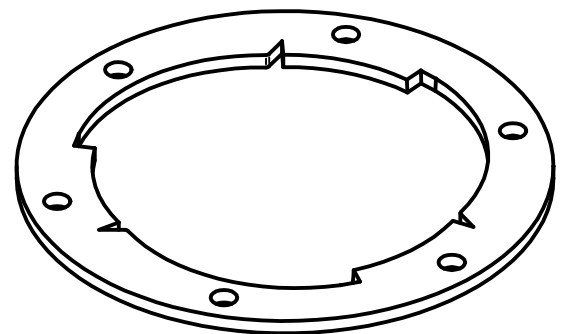
Diseñado por Jorge Casado Jiménez	Revisado por Alberto Jardón Huete	Cantidad 1	Fecha	Escala 1/2	Lámina 1
 Proyecto Anclaje Asibot		Nombre del archivo EXPLOSIONADO, CONJUNTO HEMBRA			




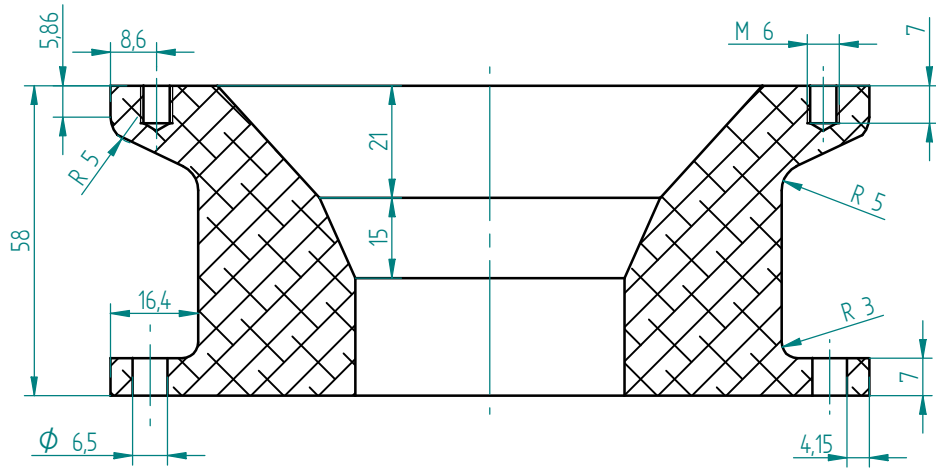
Diseñado por Jorge Casado Jiménez	Revisado por Alberto Jardón Huete	Cantidad 1	Fecha	Escala 1/2	Lámina 2
	Proyecto Anclaje Asibot	Nombre del archivo TAPA SUPERIOR ITEM 1		Material Aluminio 7075-T6	



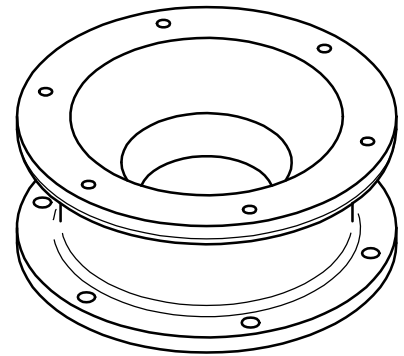
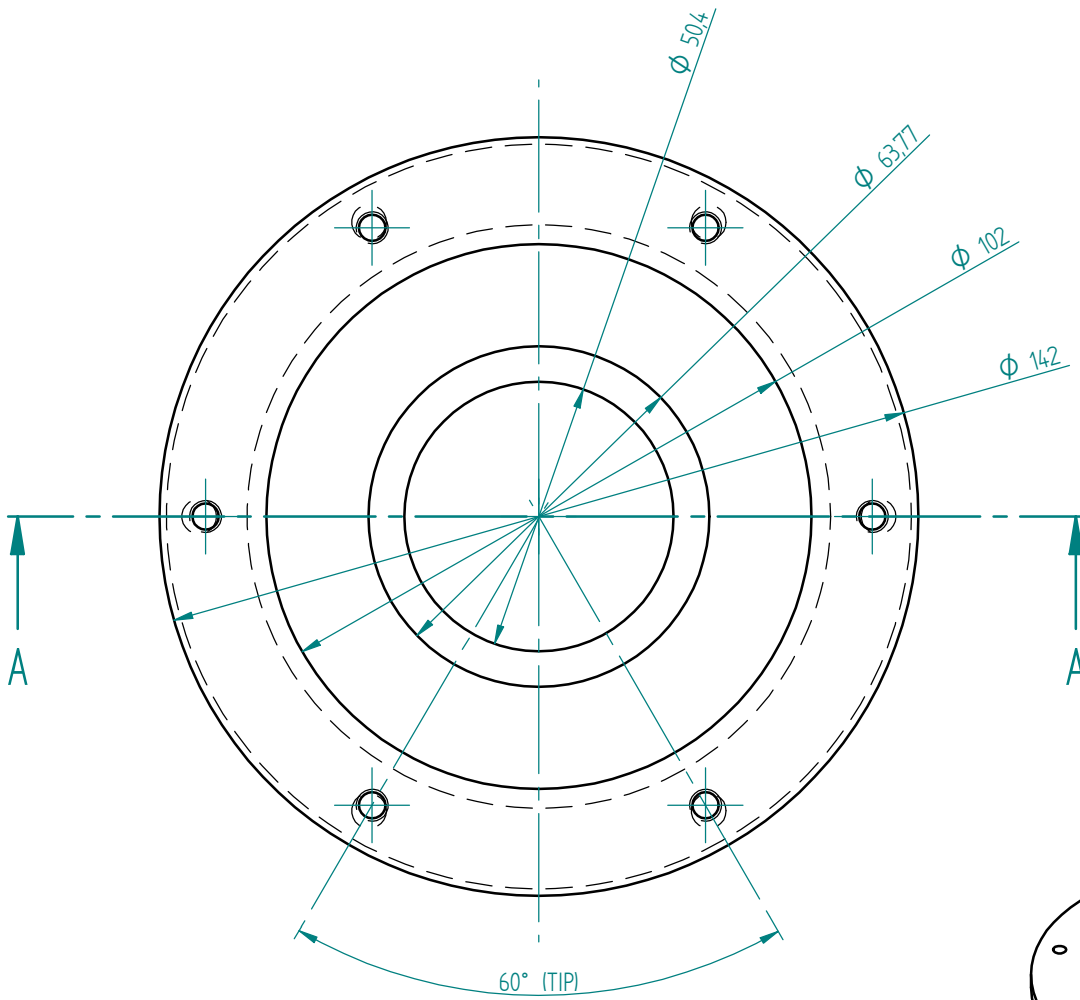
DETALLE A




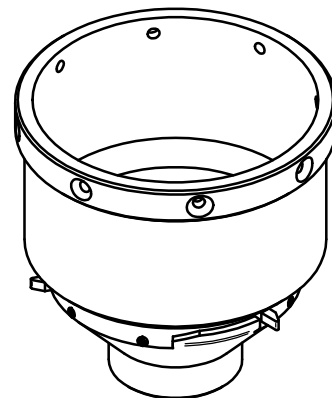
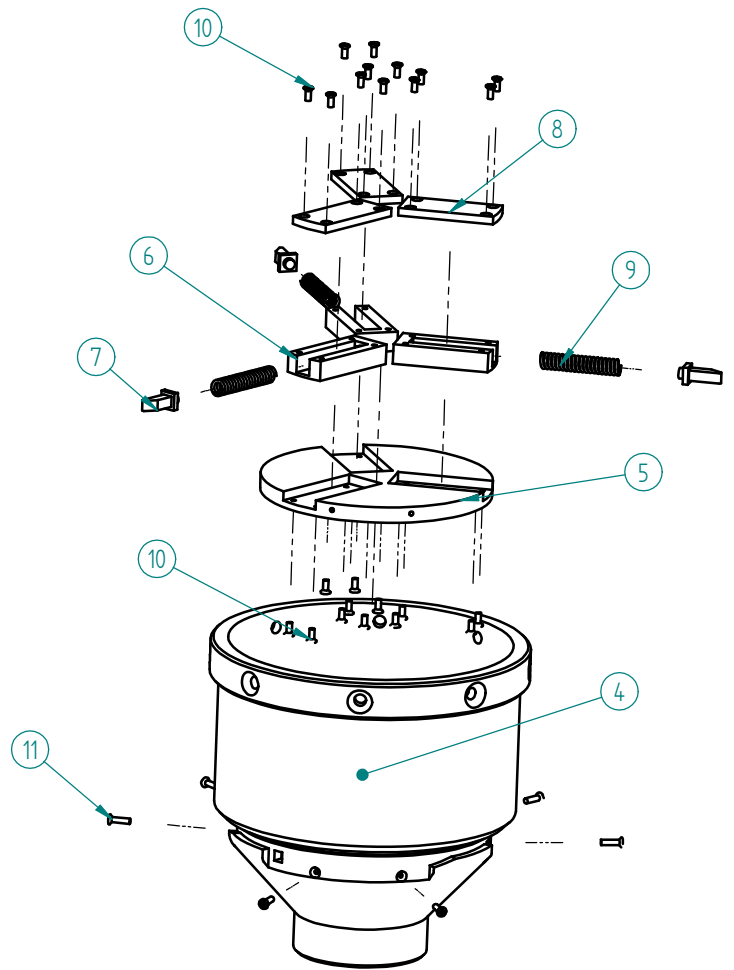
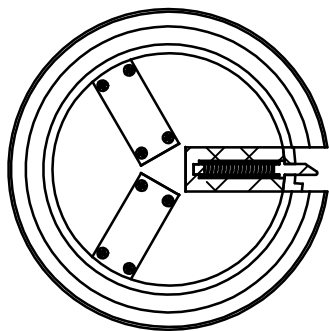
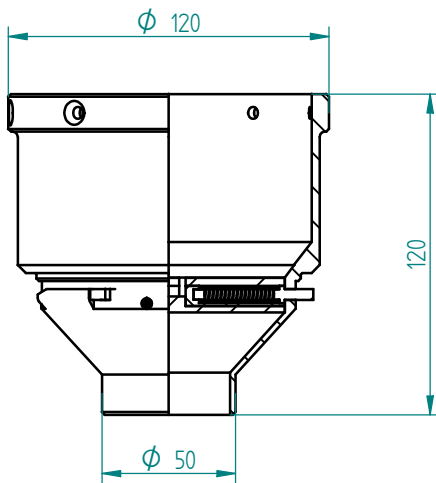
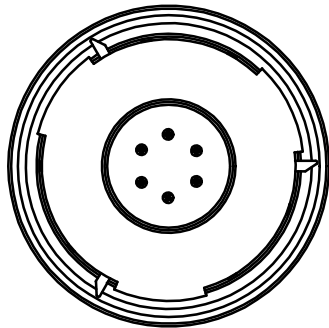
Diseñado por Jorge Casado Jiménez	Revisado por Alberto Jardón Huete	Cantidad 1	Fecha	Escala 1/2	Lámina 3
	Proyecto Anclaje Asibot	Nombre del archivo TAPA INTERMEDIA. ITEM 2		Material Aluminio 7075-T6	




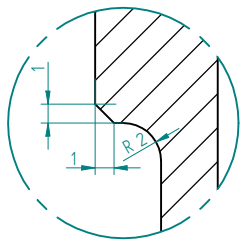
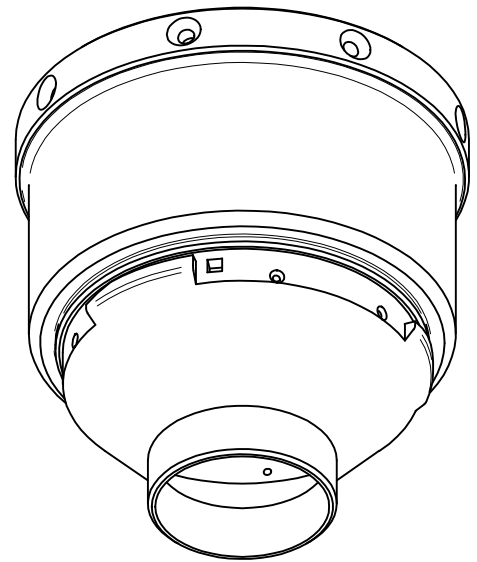
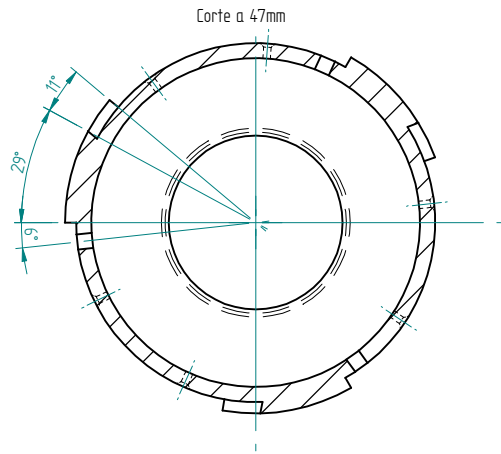
SECCIÓN A-A



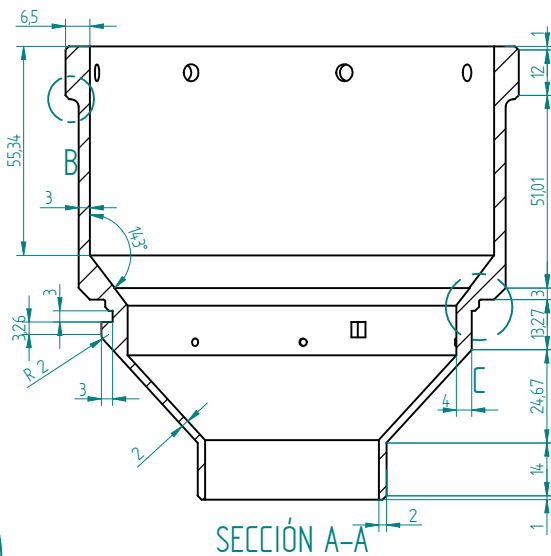
Diseñado por Jorge Casado Jiménez	Revisado por Alberto Jardón Huete	Cantidad 1	Fecha	Escala 1/1	Lámina 4
	Proyecto Anclaje Asibot	Nombre del archivo CHASIS ITEM 3		Material Aluminio 7075-T6	



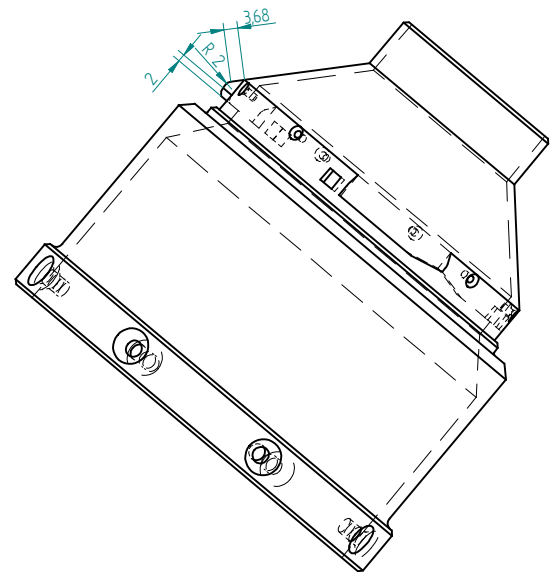
Diseñado por Jorge Casado Jiménez	Revisado por Alberto Jardón Huete	Cantidad 1	Fecha	Escala 1/2	Lámina 5
 Proyecto Anclaje Asibot		Nombre del archivo EXPLOSIONADO, CONJUNTO MACHO			



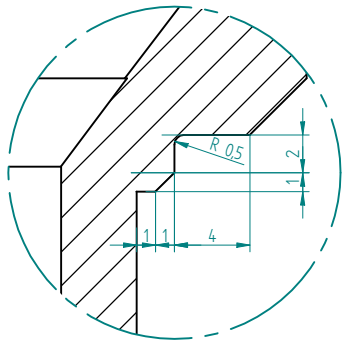
DETALLE B



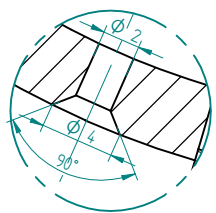
SECCIÓN A-A



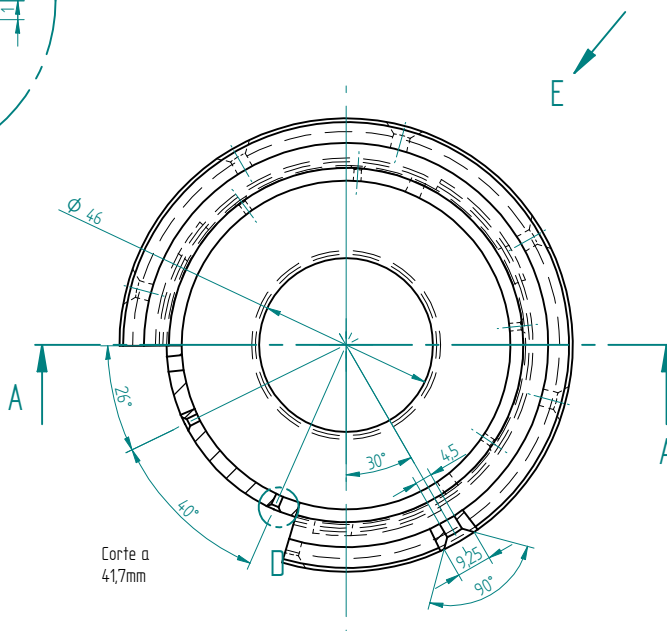
VISTA E



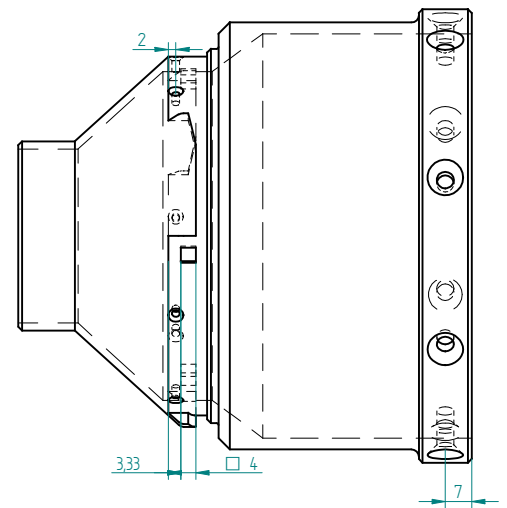
DETALLE C




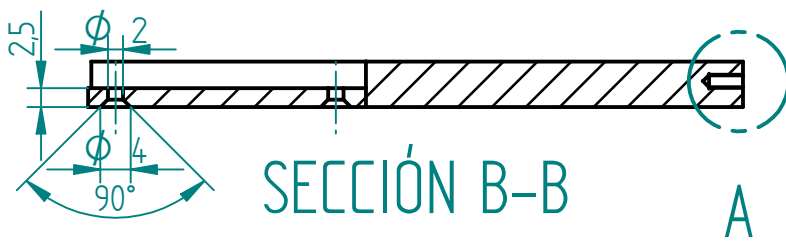
DETALLE D



Corte a 41,7mm

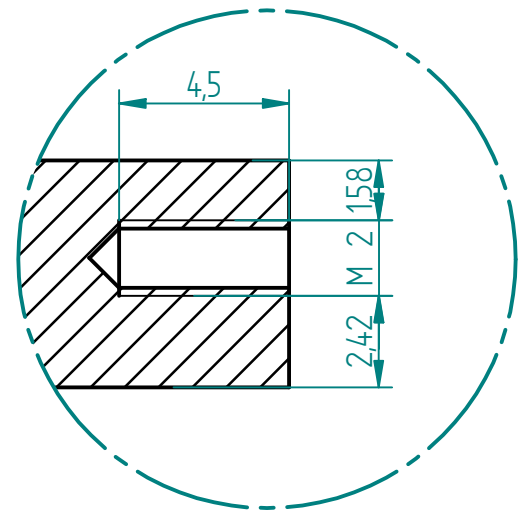


Diseñado por Jorge Casado Jiménez	Revisado por Alberto Jardón Huete	Cantidad 1	Fecha	Escala 1/1	Lámina 6
 Proyecto Anclaje Asibot		Nombre del archivo MACHO ITEM 4		Material Aluminio 7075-T6	

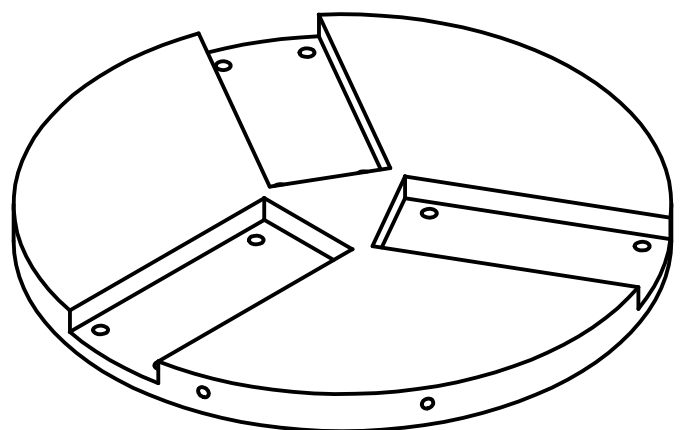
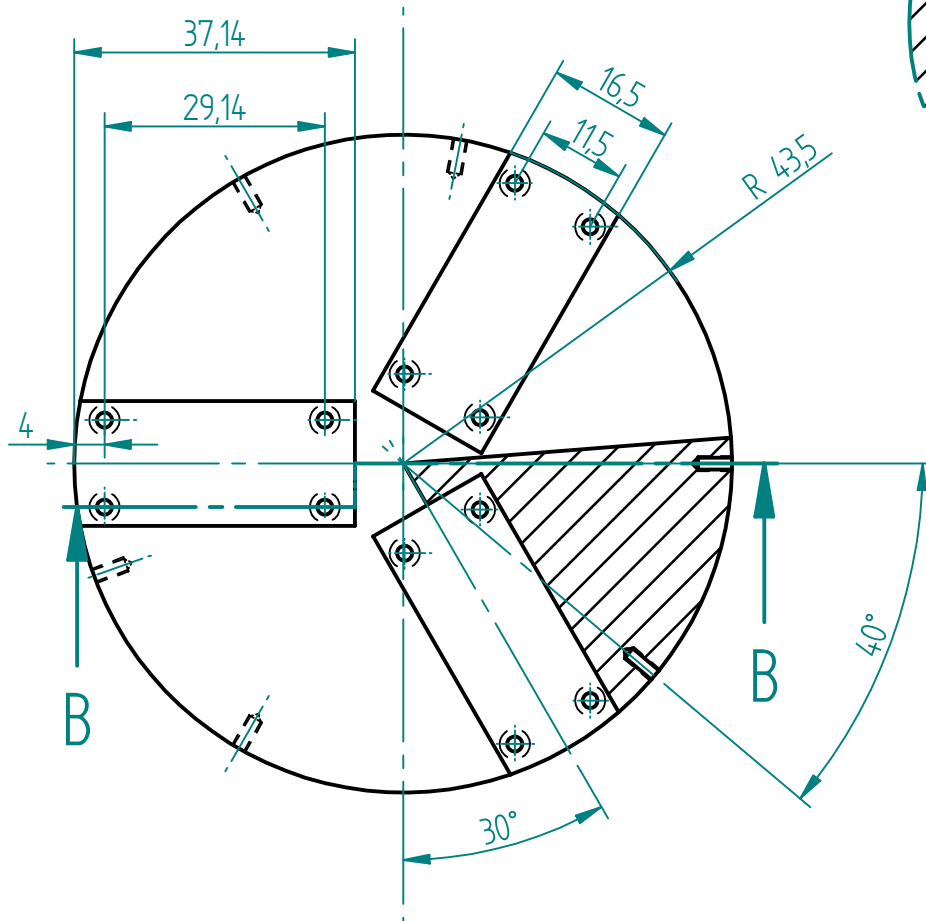


SECCIÓN B-B

A



DETALLE A



Diseñado por
Jorge Casado Jiménez

Revisado por
Alberto Jardón Huete

Cantidad
1

Fecha

Escala
1/1

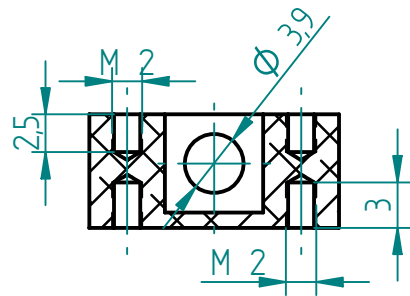
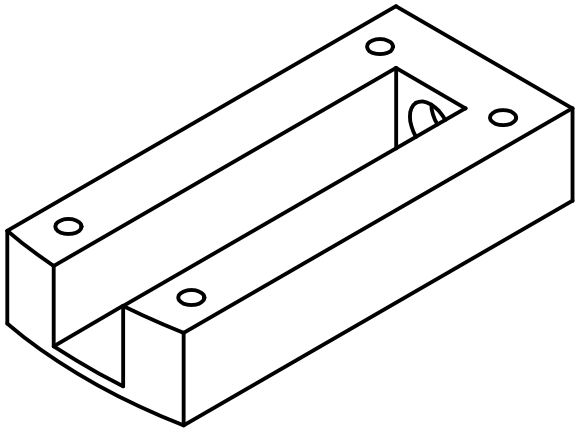
Lámina
7



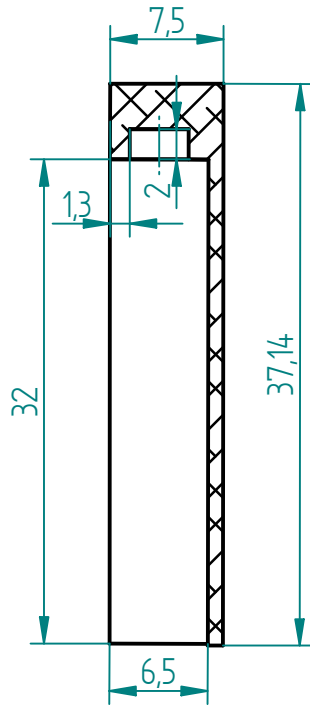
Proyecto
Anclaje Asibot

Nombre del archivo
SOPORTE
ITEM 5

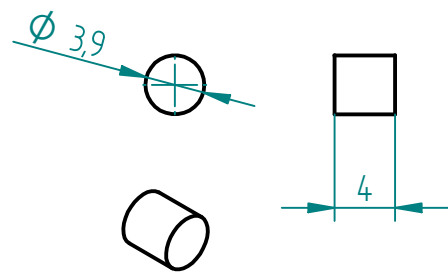
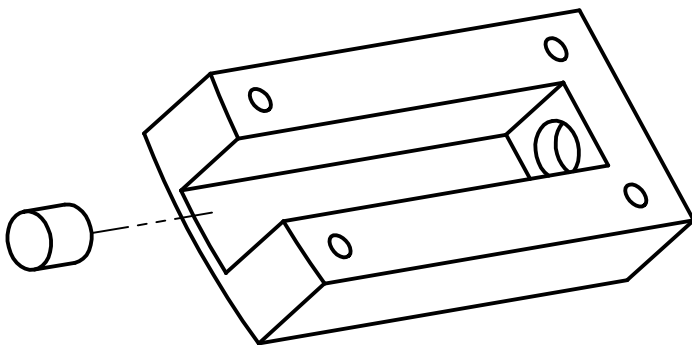
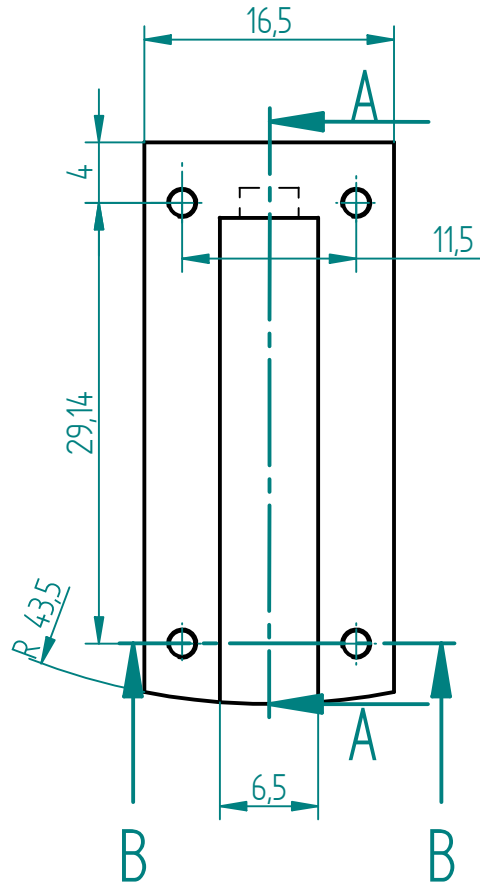
Material
Aluminio 7075-T6




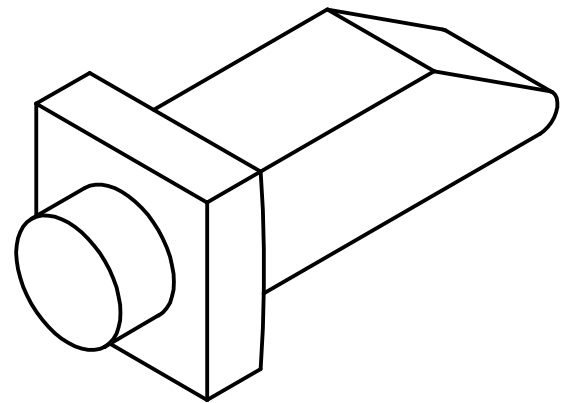
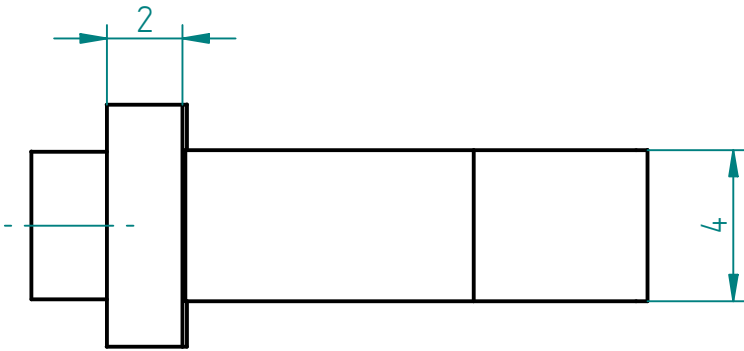
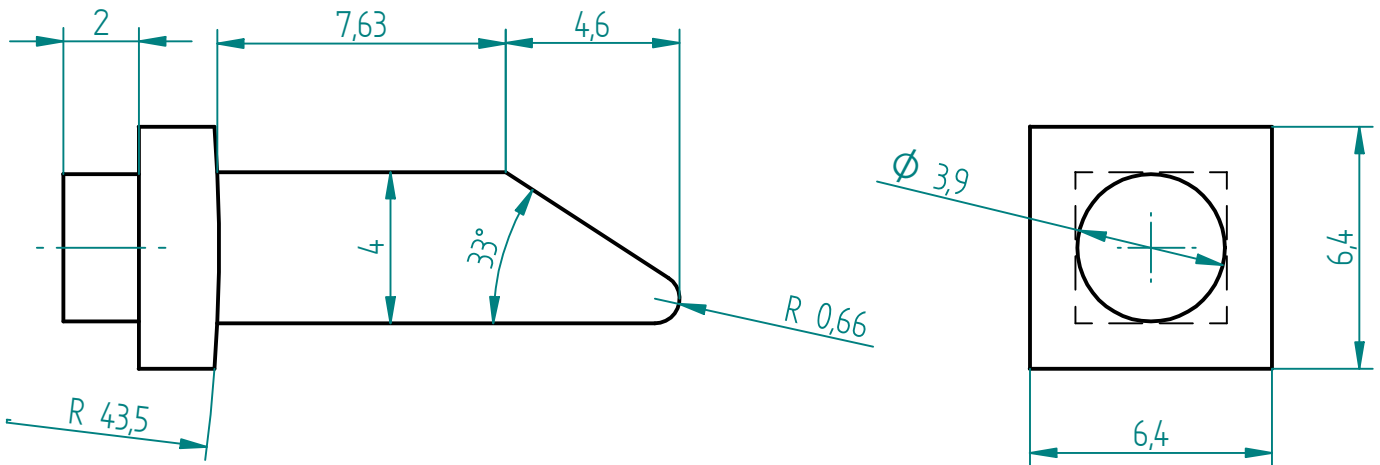
SECCIÓN B-B




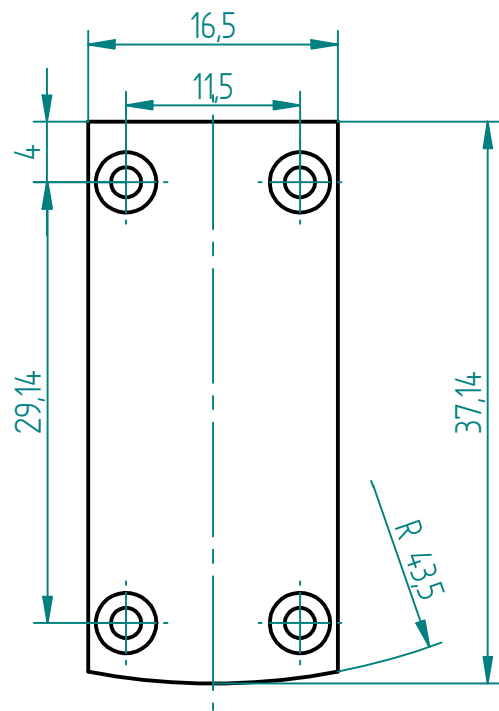
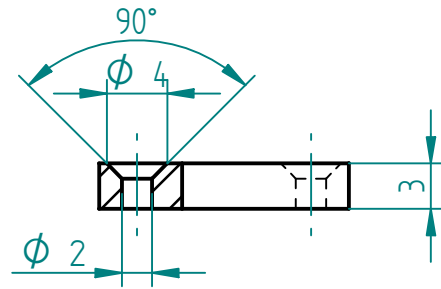
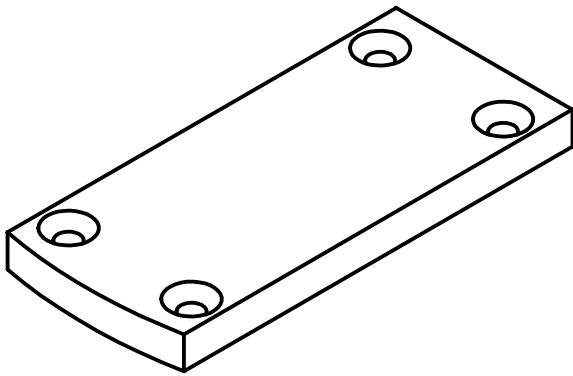
SECCIÓN A-A




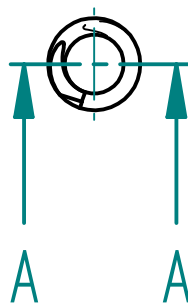
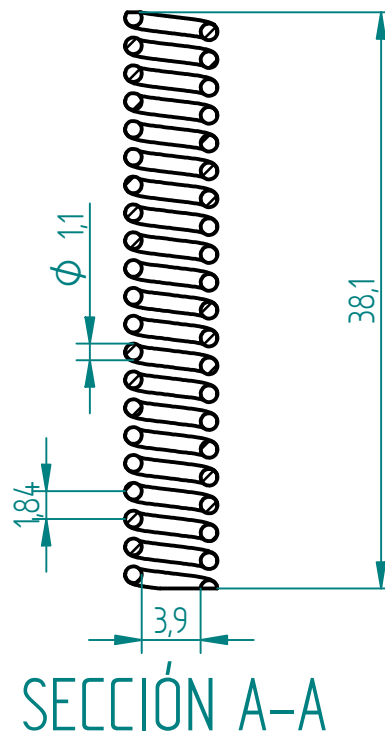
Diseñado por Jorge Casado Jiménez	Revisado por Alberto Jardón Huete	Cantidad 3	Fecha	Escala 2/1	Lámina 8
	Proyecto Anclaje Asibot	Nombre del archivo CORREDERA ITEM 6		Material Aluminio 7075-T6	
					115




Diseñado por Jorge Casado Jiménez	Revisado por Alberto Jardón Huete	Cantidad 3	Fecha	Escala 5/1	Lámina 9
	Proyecto Anclaje Asibot	Nombre del archivo PESTAÑA ITEM 7		Material Aluminio 7075-T6	



Diseñado por Jorge Casado Jiménez	Revisado por Alberto Jardón Huete	Cantidad 3	Fecha	Escala 2/1	Lámina 10
	Proyecto Anclaje Asibot	Nombre del archivo TAPA ITEM 8		Material Aluminio 7075-T6	



Diseñado por Jorge Casado Jiménez	Revisado por Alberto Jardón Huete	Cantidad 3	Fecha	Escala 2/1	Lámina 11
	Proyecto Anclaje Asibot	Nombre del archivo RESORTE ITEM 9		Material ACERO	

Apéndice 2.- Presupuesto

FABRICACIÓN CONJUNTO MACHO*			
Piezas	Cantidad (UN)	Precio unitario (€)	Importe (€)
Macho	1	1350	1350
Soporte	1	175	175
Corredera	3	8,5	25,5
Pestañas	3	3	9
Tapa	3	5	15
		Subtotal	1574,5
FABRICACIÓN CONJUNTO HEMBRA*			
Piezas	Cantidad (UN)	Precio unitario (€)	Importe (€)
Tapa superior	1	575	575
Tapa intermedia	1	580	580
Chasis	1	480	480
		Subtotal	1635
COMPONENTES			
Descripción (Ref.)	Cantidad (UN)	Precio unitario (€)	Importe (€)
Tornillos M2x0,4x5 (482-9142)	24	0,12	2,88
Tornillos M2x0,4x8 (482-9158)	6	0,14	0,84
Tornillos M6x1x16 (300-7818)	6	0,52	3,12
Resorte (C.061.110.381.N)	3	1,5	4,5
		Subtotal	11,34
MANO DE OBRA			
Descripción	Cantidad (H)	Precio unitario (€)	Importe (€)
Documentación previa	240	30,63	7351,2
Diseño conceptual	400	30,63	12252
Diseño detalle	160	30,63	4900,8
Ensamblaje	4	30,63	122,52
		Subtotal	24626,52
TOTAL			27847,36 €

* Se incluye en el precio de las distintas piezas, tanto el material bruto, como el proceso de mecanizado necesario para la obtención de la pieza (torneados, fresados, corte por láser, etc.)

El presupuesto total de este proyecto asciende a la cantidad de 27847,36€

Leganés a 14 de Septiembre de 2011

El ingeniero proyectista

Fdo. Jorge Casado Jiménez

Apéndice 3.- Tablas

Relación entre el ángulo de la pestaña y la fuerza que deberán realizar los muelles. La primera columna corresponde al ángulo que tiene la punta de la pestaña, la segunda corresponde a la fuerza que deberá realizar los muelles para evitar que se desacople el anclaje, y la tercera columna corresponde a la fuerza multiplicada por un coeficiente de seguridad de 1,3 y dividida por las tres pestañas de las que se dispone.

Tabla 1.- Acero- Acero

Ángulo (º)	F. muelle (N)	F. muelle*1,3/3 (N)
1	-1516	-657
2	-1461	-633
3	-1407	-610
4	-1354	-587
5	-1302	-564
6	-1252	-542
7	-1202	-521
8	-1154	-500
9	-1106	-479
10	-1060	-459
11	-1014	-439
12	-968	-420
13	-924	-400
14	-880	-381
15	-837	-363
16	-795	-344
17	-753	-326
18	-711	-308
19	-670	-290
20	-630	-273
21	-589	-255
22	-550	-238
23	-510	-221
24	-471	-204
25	-432	-187
26	-394	-171
27	-356	-154
28	-318	-138
29	-280	-121
30	-242	-105
31	-205	-89
32	-167	-72
33	-130	-56
34	-93	-40
35	-56	-24
36	-19	-8
37	18	8
38	56	24
39	93	40
40	130	56

Ángulo (°)	F. muelle (N)	F. muelle*1,3/3 (N)
41	167	72
42	205	89
43	242	105
44	280	121
45	318	138
46	356	154
47	394	171
48	432	187
49	471	204
50	510	221
51	550	238
52	589	255
53	629	273
54	670	290
55	711	308
56	752	326
57	794	344
58	837	363
59	880	381
60	924	400
61	968	420
62	1014	439
63	1059	459
64	1106	479
65	1154	500
66	1202	521
67	1252	542
68	1302	564
69	1354	587
70	1406	609
71	1460	633
72	1516	657
73	1572	681
74	1630	707
75	1690	732
76	1752	759
77	1815	786
78	1880	815
79	1947	844
80	2016	874
81	2088	905
82	2162	937
83	2239	970
84	2319	1005
85	2402	1041
86	2488	1078
87	2578	1117
88	2671	1158
89	2769	1200
90	2872	1244

Tabla 2.- Acero-Aluminio

Ángulo (°)	F. muelle (N)	F. muelle*1,3/3(N)
1	-1246	-540
2	-1197	-519
3	-1148	-498
4	-1101	-477
5	-1054	-457
6	-1008	-437
7	-963	-417
8	-919	-398
9	-875	-379
10	-832	-361
11	-790	-342
12	-748	-324
13	-706	-306
14	-665	-288
15	-625	-271
16	-585	-253
17	-545	-236
18	-506	-219
19	-467	-202
20	-428	-185
21	-389	-169
22	-351	-152
23	-313	-136
24	-275	-119
25	-238	-103
26	-200	-87
27	-163	-71
28	-126	-54
29	-88	-38
30	-51	-22
31	-14	-6
32	23	10
33	60	26
34	97	42
35	134	58
36	172	74
37	209	91
38	247	107
39	284	123
40	322	140
41	360	156
42	398	173
43	437	189
44	476	206
45	515	223
46	554	240
47	594	257
48	634	275
49	675	292

Ángulo (°)	F. muelle (N)	F. muelle*1,3/3 (N)
50	716	310
51	757	328
52	799	346
53	842	365
54	885	384
55	929	403
56	974	422
57	1019	442
58	1065	461
59	1112	482
60	1159	502
61	1208	523
62	1258	545
63	1308	567
64	1360	589
65	1413	612
66	1467	636
67	1522	660
68	1579	684
69	1637	710
70	1697	736
71	1759	762
72	1822	790
73	1888	818
74	1955	847
75	2025	877
76	2097	909
77	2171	941
78	2248	974
79	2329	1009
80	2412	1045
81	2498	1083
82	2589	1122
83	2683	1163
84	2781	1205
85	2884	1250
86	2992	1297
87	3105	1346
88	3225	1397
89	3351	1452
90	3484	1510

Tabla 3.- Aluminio-Aluminio

Ángulo (°)	F. muelle (N)	F. muelle*1,3/3(N)
1	-1163	-504
2	-1115	-483
3	-1068	-463
4	-1022	-443
5	-977	-423
6	-932	-404
7	-888	-385
8	-845	-366
9	-802	-348
10	-760	-329
11	-719	-311
12	-677	-294
13	-637	-276
14	-597	-259
15	-557	-241
16	-517	-224
17	-478	-207
18	-439	-190
19	-401	-174
20	-363	-157
21	-325	-141
22	-287	-124
23	-249	-108
24	-211	-92
25	-174	-75
26	-137	-59
27	-100	-43
28	-62	-27
29	-25	-11
30	12	5
31	49	21
32	86	37
33	123	53
34	160	70
35	198	86
36	235	102
37	273	118
38	311	135
39	349	151
40	387	168
41	425	184
42	464	201
43	503	218
44	542	235
45	582	252
46	622	270
47	663	287
48	703	305
49	745	323

Ángulo (°)	F. muelle (N)	F. muelle*1,3/3 (N)
50	787	341
51	829	359
52	872	378
53	916	397
54	960	416
55	1005	436
56	1051	455
57	1098	476
58	1145	496
59	1193	517
60	1243	538
61	1293	560
62	1344	583
63	1397	605
64	1450	629
65	1506	652
66	1562	677
67	1620	702
68	1679	728
69	1740	754
70	1803	781
71	1868	809
72	1935	838
73	2004	868
74	2075	899
75	2149	931
76	2225	964
77	2304	998
78	2386	1034
79	2472	1071
80	2561	1110
81	2654	1150
82	2751	1192
83	2853	1236
84	2959	1282
85	3071	1331
86	3188	1382
87	3312	1435
88	3443	1492
89	3581	1552
90	3728	1615

Apéndice 4.- Propiedades de los materiales**Parámetros del aluminio 7075**

Material	Aluminio 7075	
Unidades	kg/cm ²	Mpa
σ_f	4424,06	434
τ_f	2875,64	282,10
G	275919,16	27067,67
E	733944,95	72000
Templado	T6	

Parámetros del acero.

Propiedades del acero			
Número UNS	Método de procesado	Tensión de fluencia (MPa)	Tensión última (MPa)
G10100	Hot Rolled	179	324
G10100	Cold Drawn	303	365
G10150	Hot Rolled	186	345
G10150	Cold Drawn	324	386
G10180	Hot Rolled	220	400
G10180	Cold Drawn	372	441
G10350	Hot Rolled	269	496
G10350	Cold Drawn	462	551
G10350	Drawn 800 F	558	758
G10350	Drawn 1000 F	496	710
G10350	Drawn 1200 F	427	627
G10400	Hot Rolled	289	524
G10400	Cold Drawn	489	586
G10400	Drawn 1000 F	593	779
G10500	Hot Rolled	338	620
G10500	Cold Drawn	579	689
G10500	Drawn 600 F	1240	1516
G10500	Drawn 900 F	896	1068
G10500	Drawn 1200 F	551	723
G15216	Hot Rolled, Annealed	558	689
G41300	Hot Rolled, Annealed	413	620
G41300	Cold Drawn, Annealed	599	675
G41300	Drawn 1000 F	916	1006
G41400	Hot Rolled, Annealed	434	620
G41400	Cold Drawn, Annealed	620	703
G41400	Drawn 1000 F	903	1054
G43400	Hot Rolled, Annealed	475	696
G43400	Cold Drawn, Annealed	682	765
G43400	Drawn 600 F	1612	1791
G43400	Drawn 1000 F	1116	1254
G46200	Case Hardened	613	827
G46200	Drawn 800 F	648	896
G61500	Hot Rolled, Annealed	400	627
G61500	Drawn 1000 F	909	1068
G87400	Hot Rolled, Annealed	441	655
G87400	Cold Drawn, Annealed	661	737
G87400	Drawn 1000 F	889	1047
G92550	Hot Rolled, Annealed	537	792
G92550	Drawn 1000 F	1102	1240

