



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior (Jaén)

Trabajo Fin de Máster

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

Alumno/a: Montilla Herrador, Antonio Domingo

Tutor/a: Prof. D. Elías López Alba
Dpto.: Ingeniería mecánica

Septiembre, 2018

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS
DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS
DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA



Universidad de Jaén



Universidad de Jaén
Escuela Politécnica Superior de Jaén
Departamento de Ingeniería Mecánica

Don ELÍAS LÓPEZ ALBA , tutor del Proyecto Fin de Carrera titulado: SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA, que presenta ANTONIO DOMINGO MONTILLA HERRADOR, autoriza su presentación para defensa y evaluación en la Escuela Politécnica Superior de Jaén.

Jaén, SEPTIEMBRE de 2018

El alumno:

Los tutores:

ANTONIO DOMINGO MONTILLA HERRADOR

ELÍAS LÓPEZ ALBA

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE
FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE
FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

A mi familia

Índice

1. MEMORIA.....	7
1.1. Introducción del proyecto	7
1.1.1. Introducción	7
1.1.2. Sistemas de recogida actuales.....	8
1.1.3. Justificación del proyecto	14
1.2. Problema planteado y sus características	17
1.2.1. Descripción del problema.....	17
1.2.2. Proceso de diseño	18
1.2.3. Identificación de las partes que configuran el diseño propuesto.....	20
1.2.4. Software empleado para el modelaje del diseño	22
1.3. Antecedentes	23
1.4. Memoria justificativa.....	30
1.4.1. Material para la estructura.....	30
1.4.2. Dimensiones del mecanismo.....	31
1.4.3. Sistema de anclaje al vehículo tractor	33
1.4.4. Sistema hidráulico	34
1.4.5. Cilindros del cabezal	35
1.4.6. Sistema de seguridad.....	35
1.5. Conclusiones.....	39
1.6. Trabajos futuros	41
1.7. Bibliografía	43
2. ANEXOS	45
2.1. Anexo 1. Bases de cálculo	45
2.2. Anexo 2. Análisis cinemático.....	54
2.3. Anexo 3. Análisis dinámico.....	66
2.4. Anexo 4. Cálculo de los cilindros hidráulicos.....	78
2.5. Anexo 5. Cálculo de los cepillos.....	85
2.6. Anexo 6. Cálculo del sistema de engranajes.....	93
2.7. Anexo 7. Cálculo del sistema de aspiración	97
2.8. Anexo 8. Cálculos referentes a los pasadores.....	109
3. PLANOS	117

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

3.1.	Plano 1. Vistas generales.....	118
3.2.	Plano 2. Partes del diseño.....	119
3.3.	Plano 3. Sistema aspiración	120
3.4.	Plano 4. Partes del sistema de aspiración.....	121
3.5.	Plano 5. Sistema de extracción	122
3.6.	Plano 6. Cajón aspirador.....	123
3.7.	Plano 7. Puerta cajón.....	124
3.8.	Plano 8. Sistema de seguridad.....	125
3.9.	Plano 9. Partes del sistema de seguridad	126
3.10.	Plano 10. Resorte.....	127
3.11.	Plano 11. Excentricidad en soporte	128
3.12.	Plano 12. Excentricidad en sujeción	129
3.13.	Plano 13. Cabezal	130
3.14.	Plano 14. Partes del cabezal	131
3.15.	Plano 15. Soporte cabezal.....	132
3.16.	Plano 16. Cilindro telescópico.....	133
3.17.	Plano 17. Soporte manguera	134
3.18.	Plano 18. Cepillo.....	135
3.19.	Plano 19. Barra guía.....	136
3.20.	Plano 20. Cabezal rodillo	137
3.21.	Plano 21. Brazo mecánico	138
3.22.	Plano 22. Partes del brazo mecánico.....	139
3.23.	Plano 23. Barra compensadora	140
3.24.	Plano 24. Barra cabezal.....	141
3.25.	Plano 25. Barra sometida a pandeo.....	142
3.26.	Plano 26. Soporte brazo	143
3.27.	Plano 27. Cilindro hidráulico	144
3.28.	Plano 28. Barra 2.....	145
3.29.	Plano 29. Barra 5.....	146
3.30.	Plano 30. Sistema de enganche	147
3.31.	Plano 31. Partes del sistema de enganche.....	148
3.32.	Plano 32. Portón remolque	149
3.33.	Plano 33. Barra acero	150
4.	MEDICIONES	151
5.	PRESUPUESTO	157
5.1.	Cuadro de precios.....	157

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE
FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

5.2. presupuesto	163
5.3. Resumen del presupuesto	169
6. Bibliografía	170

1. MEMORIA

1.1. Introducción del proyecto

1.1.1. Introducción

La agricultura es uno de los principales soportes de la economía española hasta la fecha. Los cultivos más importantes son el olivo, cebada, trigo, diferentes frutos secos, etc. Con el empleo de maquinaria agrícola y el desarrollo de la misma se ha facilitado en gran medida la siembra, recolección y posterior tratado de los cultivos. Desde hace un tiempo, el principal problema en la agricultura ha sido, lejos de la limpieza y la caída del fruto, la recolección.

En la agricultura existen diferentes formas de recolección, todas ellas, desde las más antiguas hasta las más modernas, tienen en común que se realizan de forma discreta. Esta forma de recolección implica que el fruto se almacena en faldones, cajones, espuestas, etc. Posteriormente, cuando estos se han llenado, mediante sistemas de elevación, se deposita el fruto en el remolque desde donde se transportará a la fábrica. Estos sistemas de recolección suponen una pérdida de tiempo importante, ya que constan de tres etapas:

- Transporte hasta el remolque.
- Descarga del fruto.
- Retorno al lugar de inicio.

A este tiempo hay que añadir que durante este proceso, los operarios que trabajen cargando el fruto, esperan hasta que el vehículo tractor vuelva de la operación de descarga. Esto provoca que los tiempos de espera se acentúen.

Por este motivo este trabajo se centrará en diseñar un modelo que permita disminuir los tiempos y facilitar la tarea de recolección del fruto. Para sistemas de recolección similares al que aquí se expone, los tiempos de espera medios suponen entre un 10 y un 20 % del tiempo total empleado en la recolección. Actualmente se han creado nuevos sistemas de recolección donde solo se necesita de uno o dos operarios para tal fin, sin embargo, siguen siendo sistemas discretos. En estos sistemas, aunque el tiempo de espera sea como mucho el de dos operarios, lo cierto

es que, en un ambiente donde todo debe ir perfectamente coordinado, estos tiempos son contraproducentes.

Basándose en lo anteriormente expuesto, se ha creído conveniente el diseño de una máquina recolectora capaz de realizar su labor de forma continua y semiautónoma, es decir, que pueda ser realizada por un solo operario. Este operario manejará el sistema desde el vehículo tractor con una serie de mandos, evitando así los sobreesfuerzos realizados por los operarios encargados de cargar el fruto.

Esta nueva propuesta se ha basado en máquinas que realizaban procesos similares. Sin embargo, gracias a su diseño podrá realizar el proceso de forma más efectiva y con un coste de tiempo y recursos mucho menor, como se demostrará en capítulos posteriores.

1.1.2. Sistemas de recogida actuales

Las máquinas existentes están enfocadas hacia la recolección del fruto desde el suelo y una vez que este se ha enfilado mediante sistemas de soplado o cepillado. Se hará una clasificación desde los métodos más antiguos hasta los más modernos para así poder tener una percepción de los sistemas existentes.

A) RECOLECCIÓN MANUAL

Este método consiste en, una vez que se ha desprendido el fruto del árbol, verter de forma manual este en cestas o espuestas.



Ilustración 1.1.1 Recolección de nueces de forma manual.

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

Estas espuestas pueden llegar a pesar en torno a 45 o 50 kg, haciendo que su manipulación resulte muy fatigosa.



Ilustración 1.1.2 Recolección de aceituna de forma manual.

Si no se dispone de elementos elevadores, las espuestas han de verterse de forma manual al remolque (figura 1.1.3). Esta forma de vaciado provoca sobreesfuerzos en el trabajador que, al término de la jornada, pueden provocar lesiones de diversa gravedad.



Ilustración 1.1.3 Descarga del fruto de la espuesta al remolque

B) RECOGIDA MEDIANTE FALDONES

Antes de desprender el fruto del árbol, el suelo es cubierto por unas lonas (figura 1.1.4). Cuando se ha terminado la acción de la caída del fruto, estas lonas se pliegan vertiendo el fruto en espuelas (figura 1.1.5) o fardillas.



Ilustración 1.1.4 Recolección de lonas



Ilustración 1.1.5 Trabajadores vertiendo el fruto en espuelas

Una vez que se ha recolectado el fruto en las espuelas o fardillas, hay diferentes formas de depositar este en el remolque.

Si se deposita en fardillas, lo habitual es hacer uso de una pluma hidráulica instalada en el tractor. El conductor colocará el cabezal de la pluma encima de la fardilla y otro operario, (o el mismo conductor, bajándose cada vez que quiera

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

enganchar la fardilla), enganchará esta a la pluma para poder trasladarla hasta el remolque (figura 1.1.6).



Ilustración 1.1.6 Pluma hidráulica cargando fardilla

Por otro lado, para depositar el fruto en el remolque también es habitual el uso de cazos elevadores como los mostrados en la figura 1.1.7.



Ilustración 1.1.7 Uso de elevadores con cazo en la recolección

C) RECOLECCIÓN MEDIANTE PARAGUAS VIBRADOR

Existen hoy en día técnicas de recolección más modernas, que no son más que versiones mejoradas de las técnicas que se usaban antaño. Un ejemplo de esto es la recolección con paraguas vibrador, donde el paraguas hace la función de lona y el fruto es depositado en un cazo que espera a ser llenado para descargarlo al remolque.



Ilustración 1.1.8 Paraguas vibrador en la disposición de descarga

D) RECOLECCIÓN MEDIANTE RECOGEDOR DE LONAS

La recolección con recogedor de lonas integra el vaciado desde estas al cazo con el mínimo esfuerzo del operario. Un sistema compuesto por dos ruedas descarga la lona directamente en el cazo y posteriormente este será vertido al remolque.



Ilustración 1.1.9 Recogedor de lonas

E) RECOLECCIÓN MEDIANTE SISTEMAS DE ASPIRACIÓN

Así mismo se han creado sistemas de aspiración que, mediante una turbina, se crea un vacío en el interior de un cajón haciendo que el fruto acceda a este por medio de un tubo de aspiración manipulado por un operario (figura 1.1.10). Una vez que el cajón se ha llenado, se descarga al remolque como si de un cazo se tratase (figura 1.1.11) o se deposita en sacos.



Ilustración 1.1.10 Recolección de aceituna mediante aspiradora



Ilustración 1.1.11 Vaciado del fruto al remolque



Ilustración 1.1.12 Recolección de nueces mediante aspiración

Es este último sistema el que se usará de referencia para la invención que aquí se presenta, siguiendo las guías de los sistemas de recolección más modernos.

1.1.3. Justificación del proyecto

Con el diseño del nuevo concepto de esta máquina desarrollado en el presente trabajo, se busca mejorar el sistema de recogida de frutos y aumentar la efectividad al realizar la operación de forma continua, evitando así los tiempos de espera de los trabajadores.

Los sistemas de recolección mencionados anteriormente deben parar su actividad una vez que se han llenado, provocando tiempos de espera indeseados. Realizan el proceso de recogida de fruto de forma discreta, ya que la operación de llenado se produce hasta que se llena el compartimento utilizado para tal fin. Además, la mayoría utilizan un gran número de operarios que, en el momento de la descarga al remolque, deben esperar hasta que el vehículo tractor vuelve. Sin embargo, el objetivo del modelo que se presenta en este trabajo es eliminar el tiempo de espera, haciendo que el fruto sea ingresado al remolque inmediatamente después de ser aspirado. Se pretende, además, reemplazar el puesto de trabajo del operario encargado de dirigir el tubo de aspiración ya que se trata de una tarea muy fatigosa que a la larga puede causar graves dolores musculares.

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

En lo relativo al sistema hidráulico, se pretende que el diseño conste de su propio circuito hidráulico, evitando mezclas indeseadas de aceites de diferentes tractores. El sistema constará de una bomba hidráulica conectada a la toma de fuerza del tractor (TDF), la cual suministrará el caudal de aceite necesario mediante distribuidores a los diferentes elementos hidráulicos de que dispone el diseño. Además, se puede realizar un diseño simétrico del brazo, haciendo que el proceso de recolección se produzca de forma simultánea en zonas diferentes y opuestas, optimizándose aún más los tiempos de recogida.

Las ventajas se pueden resumir como sigue a continuación:

- Optimización en el tiempo de recolección al realizar la operación de recogida del fruto de forma continua.
- No se precisa de tiempo de desenganche y enganche del remolque, ya que el apero se encuentra integrado al remolque. Teniendo en cuenta además que la operación de carga al remolque se realiza a la misma vez que el fruto es recogido del suelo.
- La operación de recogida del fruto se lleva a cabo por un operario, por lo que los costes debidos a mano de obra se ven reducidos.
- El operario encargado de la labor de recogida del fruto, no sufre ningún sobreesfuerzo, ya que su labor consiste en orientar el cabezal mediante unos mandos dispuestos en la cabina. Un conjunto de cepillos y el tubo de aspiración se encargarán de transportar el fruto hasta el remolque.
- El diseño es capaz de adaptarse a los terrenos más abruptos ya que cuenta con una serie de actuadores hidráulicos que, mediante unos sensores localizados en el cabezal, describen perfectamente el perfil del terreno, orientando el cabezal en todo momento horizontal al suelo, y manteniéndolo a una distancia óptima para la succión del fruto.
- Cabe la posibilidad de realizar un diseño simétrico del brazo para la recogida del fruto en dos zonas diferentes y opuestas, pudiendo realizar el proceso en un tiempo más reducido.

El diseño está enfocado a la recogida de frutos, tales como frutos secos o aceituna, desde el suelo, una vez que estos se han enfilado en hileras. Sin embargo, el sistema ha sido diseñado para el olivar, teniendo en cuenta las distancias medias

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

que se suelen dar en este tipo de cultivos, estableciéndose así las dimensiones de los elementos en el anexo 1.

Este sistema se dispondría sobre el portón trasero del remolque, debiéndose de calcular tanto el portón como las bisagras, así como las sujeciones necesarias de las que deberá disponer el remolque ya que soportará el peso de todo el diseño. Esta acción de dimensionado del portón trasero del remolque aún no puede ser realizada, ya que, a modo de trabajos futuros, se desea integrar al diseño de un sistema de limpieza que irá instalado junto al diseño aquí presentado.

1.2. Problema planteado y sus características

1.2.1. Descripción del problema

Existen diversos problemas que se plantean a la hora de realizar el diseño de la máquina que se estudia en este trabajo final de Máster para la recogida de frutos depositados en el suelo. Para que el diseño sea novedoso, es necesario analizar qué problemas existen actualmente este tipo de máquinas y plantear soluciones a dichos problemas. Una vez han sido analizadas dichas deficiencias se ha diseñado un sistema de recogida del cual se han estudiado cada una de sus partes.

El cabezal se moverá de forma autónoma mediante sensores de posicionamiento. De esta manera se describe el perfil del terreno, ya que este en la mayoría de los casos, presenta irregularidades que con los sistemas que existen actualmente serían imposibles de solventar. Este sistema hace las veces del operario encargado de guiar el tubo de aspiración, suprimiendo así el esfuerzo que implica este trabajo.

Un sistema de cepillos girando en contrasentido se encargará de concentrar el fruto en la boca del tubo de aspiración para que la superficie de barrido sea mayor. El operario encargado de guiar el brazo desde la cabina no tenga que estar pendiente de la recogida en la medida de lo posible.

Por otro lado, el cajón empleado en la aspiración dispondrá de una válvula encargada de extraer el fruto del mismo sin necesidad de parar la turbina, haciendo que la recogida del fruto se realice de manera continua. Este modo de recogida presenta una gran diferencia con el resto de máquinas existentes en el mercado.

El diseño se ha realizado para ser lo más compacto posible a la hora de transportarlo, pero que disponga de una gran envergadura cuando se realice el trabajo para que la recogida se produzca a una cierta distancia del vehículo tractor como se muestra en la figura 1.2.1. Así mismo, el sistema hidráulico será independiente para evitar mezclas de aceite cuando se utilicen diferentes vehículos

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

de tracción y así también hacer frente a las presiones y demandas de caudal requeridas para el funcionamiento del diseño.

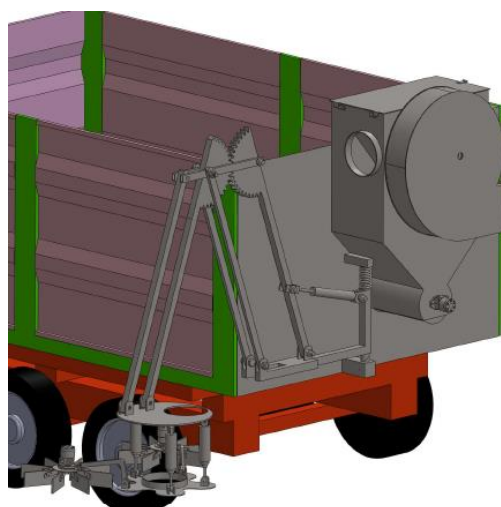


Ilustración 1.2.1 Vista del diseño propuesto.

Cada parte del diseño ha sido calculada independientemente con las condiciones de contorno adecuadas para el proceso para el que ha sido modelada, realizando un dimensionado óptimo en las distintas partes que la componen. Para dichos cálculos y simulaciones se ha hecho empleo de diferentes softwares y se detallan en capítulos posteriores de este documento.

1.2.2. Proceso de diseño

Todas las deficiencias de los sistemas existentes que han sido planteados en el apartado anterior se han tenido en cuenta para el diseño de este modelo. Además, las nuevas invenciones que existen en este campo han estado presentes en todo momento para identificar sus desventajas y así poder desarrollar nuevos conceptos para mejorarlas.

Antes de plantear un diseño final, se han realizado diferentes etapas de desarrollo, planteando nuevos retos a solventar para mejorar los sistemas que existen. Estas etapas se pueden listar de la siguiente manera:

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

- Determinación de las características del problema y el objetivo que debe cumplir el mecanismo propuesto.
- Determinación de las dimensiones del mecanismo para adaptarse a la operación para la que ha sido diseñado.
- Determinación del tipo de material a utilizar para el mecanismo.
- Determinación de las características dinámicas del brazo que provoquen el menor efecto negativo posible.
- Cálculo de las velocidades y aceleraciones en el brazo para el desarrollo de las fuerzas de inercia.
- Cálculo del brazo mecánico desarrollado considerando las condiciones de contorno y las cargas que se van a producir.
- Cálculo y diseño del sistema de engranajes existente en el diseño.
- Diseño y cálculo de todos los elementos hidráulicos.
- Desarrollo del tipo de cepillos que se utilizarán en el cabezal, así como su sistema de sujeción.
- Diseño de un cabezal que sea atravesado por el tubo de aspiración sin provocar interferencias con el mecanismo.
- Sistema para mantener el conjunto del cabezal paralelo al mecanismo en todo momento.
- Sistema para mantener en todo momento el tubo de aspiración horizontal al terreno.
- Sistema de recogida que a la vez que realiza la aspiración, extraiga el fruto del mismo sin perder poder de succión.
- Sistema de aspiración que evite que penetre en la turbina material indeseado.
- Elección del tipo de pasadores, así como su cálculo y efectos en las piezas colindantes.
- Cálculo del sistema de anclaje al remolque.
- Diseño de un mecanismo de seguridad que permita que la estructura bascule en caso de colisionar con algún obstáculo.
- Modelado de todo el diseño para que no exista ningún tipo de interferencia en el mecanismo.

1.2.3. Identificación de las partes que configuran el diseño propuesto

El diseño que se ha planteado se divide en tres partes bien diferenciadas, a continuación se explican cada una de ellas.

- El cabezal de aspiración. Está compuesto por dos cepillos y la pieza donde irá conectado el tubo de aspiración. A su vez, consta de tres cilindros telescópicos autónomos que posicionarán a este siempre horizontal al terreno. La figura 1.2.2 muestra el conjunto del cabezal de forma gráfica.

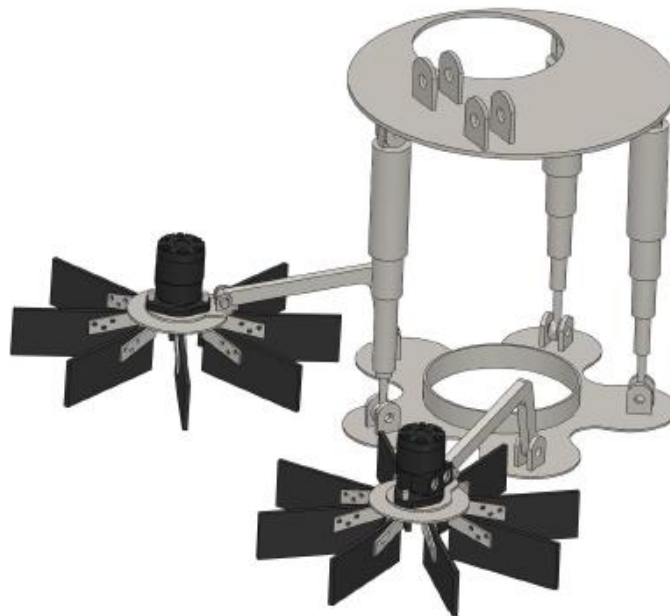


Ilustración 1.2.2 Vista del cabezal propuesto.

- El brazo mecánico. Se encargará de posicionar el cabezal sobre la hilera de fruto para ser aspirado. Consta de un cilindro para extender y contraer el brazo y de una serie de engranajes y mecanismos de cuatro barras que se encargarán de realizar el movimiento deseado, como se puede apreciar en la figura 1.2.3. El cabezal estará instalado en el extremo de dicho brazo.

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

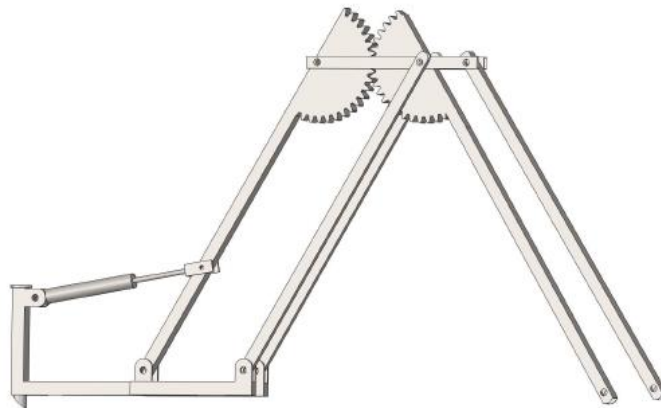


Ilustración 1.2.3 Vista del sistema de extensión/retracción propuesto.

- Sistema de aspiración. Está compuesto por una turbina centrífuga, un cajón con una serie de compartimentos para que el fruto se deposite por gravedad en el fondo de este y una válvula, la figura 1.2.4 da cuenta del diseño. Dicha válvula consiste en un cazo que gira en el interior de una envolvente para extraer el fruto del cajón y evitar así que se pierda poder de succión al mantener en todo momento el cajón cerrado.

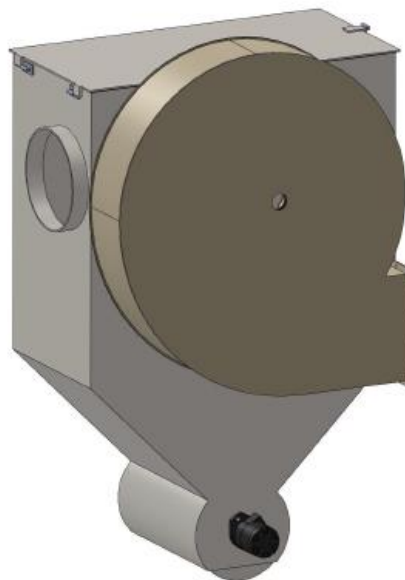


Ilustración 1.2.4 Vista del sistema de aspiración propuesto.

El cabezal y el sistema de aspiración quedarán unidos mediante el tubo de aspiración, por lo que todo el diseño debe quedar lo más compacto posible para que las pérdidas de carga debidas a la longitud del tubo sean despreciables.

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

1.2.4. Software empleado para el modelaje del diseño

Para el modelado de las diferentes piezas que componen el diseño se ha utilizado el software SolidWorks (figura 1.2.5). Algunos modelos diseñados se han exportado posteriormente para realizarles las simulaciones pertinentes con el programa simFlow, software muy potente de dinámica de fluidos computacional que utiliza la biblioteca de código abierto de OpenFOAM para realizar las simulaciones. Se han realizado numerosos modelos hasta alcanzar la opción que fuese la más adecuada para solucionar los problemas planteados. A continuación se muestran diferentes tipos de modelos que se han realizado con este software.

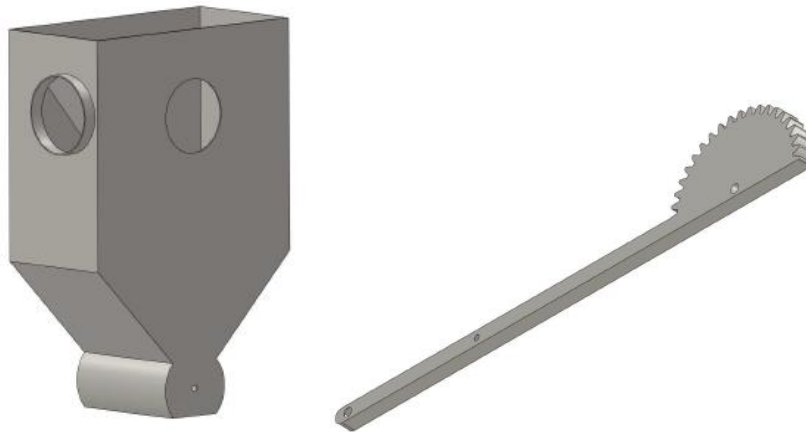


Ilustración 1.2.5 Diferentes modelos realizados por el software SolidWorks.

Una vez que se han diseñado las diferentes partes del modelo propuesto, se han realizado los planos para cada pieza así como del conjunto, como se muestra en la figura 1.2.6.

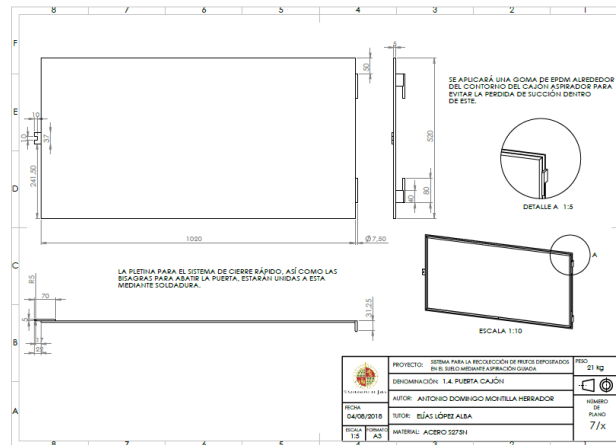


Ilustración 1.2.6 Plano de una de las partes del diseño propuesto.

1.3. Antecedentes

A continuación, se presentan los resultados obtenidos tras haber realizado una búsqueda exhaustiva de todos los diseños existentes en la actualidad y que presentan una configuración parecida o realizan la misma tarea de un modo similar. Se ha indagado en la obtención de patentes que realicen la misma función que el diseño que se presenta en este trabajo. Además, se han analizado diferentes modelos que diferentes empresas y que realizan este proceso de recogida del fruto con otros mecanismos.

La empresa Agarín dispone de un modelo patentado de máquina que realiza el proceso de recogida del fruto (aceitunas, castañas, almendras, nueces, bellotas, etc.) depositado en el suelo, la figura 1.3.1 que aparece en este apartado forma parte del documento mencionado. Este sistema consta de un cajón donde es depositado el fruto mediante aspiración a la espera de ser vaciado al remolque. El objetivo principal de esta invención es el de conseguir que a la vez que se realiza la aspiración, se produzca una limpieza paralela del fruto, ya que, en el proceso de aspiración, la máquina arrastra gran cantidad de impurezas, tales como tierra, hojas, pequeñas ramas, etc., que evidentemente deben ser independizados del fruto. Sin embargo, esta invención presenta el problema de que debido al cribado que posee en su interior, las impurezas acceden a la turbina produciendo daños irreversibles en esta, reduciendo además el rendimiento de aspiración. Además, como ya se ha comentado anteriormente, se trata de un sistema discreto de recogida, ya que una vez colmado el cajón de fruto, este debe realizar la operación de descarga, incurriendo en tiempos de espera indeseados.

Este sistema va fijado al vehículo tractor en los tres puntos de anclaje disponibles (ilustración 1.3.2) y debido a la gran envergadura del cajón, el remolque debe desengancharse del tractor para disponer de espacio suficiente al realizar la labor de recogida del fruto. Esta labor debe realizarse con la colaboración de dos operarios, uno de ellos encargado de guiar el vehículo de tracción, y otro encargado de sostener el tubo de aspiración, trabajo muy fatigoso que puede causar daños irreversibles al trabajador.

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

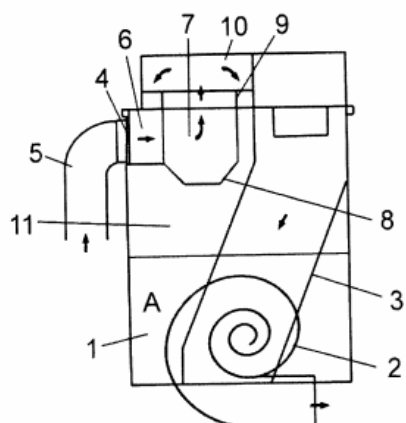


Ilustración 1.3.1 Esquema de la patente (España Patente nº 1064460, 2007).



Ilustración 1.3.2 Diseño del aspirador (Agarín, Agarín, 2018).

Esta máquina se basa en patentes anteriores muy similares como puede ser la que se muestra a continuación en la figura 1.3.3.

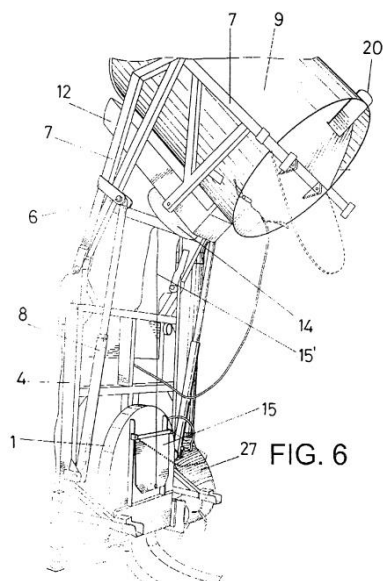


Ilustración 1.3.3 Modelo anterior a la diseñada por Agarín (España Patente nº 2199038, 2004)

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

Otro modelo de máquina es el que se presenta en la figura 1.3.4 y 1.3.5, perteneciente a industrias Garriga y que presenta un tipo de aspiradora que realiza una limpieza exhaustiva al fruto una vez recogido.



Ilustración 1.3.4. Máquina recolectora y clasificadora de frutos (Garriga, Industrias Garriga, 2018).

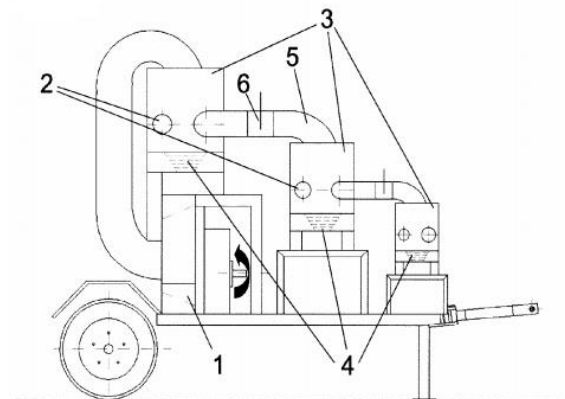


Ilustración 1.3.5 Dispositivo de transporte neumático, selección y clasificación de frutos secos y aceitunas (España Patente nº 1070302, 2009)

El sistema de limpieza y clasificación del fruto se encuentra patentado, y utiliza un lecho fluidizado para el transporte, selección y clasificación del fruto. Además, dispone de una serie de cabezales para la recogida del fruto. Con cepillo, el que se muestra en la figura 1.3.6 y en "V" como muestra la figura 1.3.7. Estos cabezales no utilizan la aspiración para la recogida del fruto, sino que mediante un cepillo de goma el fruto es ingresado en un compartimento de donde es aspirado hasta el cajón principal.

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA



Ilustración 1.3.6 Vista de frente del cabezal (Garriga, Industrias Garriga, 2018).



Ilustración 1.3.7 Vista de perfil del cabezal (Garriga, Industrias Garriga, 2018).

Esta invención resuelve muchos de los problemas planteados anteriormente, aun así, presenta la desventaja de que el cabezal debe ir amarrado al lateral del vehículo tractor. Esto provoca que se deba instalar y desinstalar el cabezal cada vez que empiece la campaña de recolección. Por otra parte, el alcance de estos cabezales es muy pequeño, por lo que el fruto debe enfilarse a una distancia considerable del árbol, ralentizando esta labor. Este tipo de cabezales con cepillos son idóneos cuando el terreno es uniforme, sin embargo, esto no ocurrirá en la mayoría de los casos, por lo que su utilidad está muy limitada. Además, como ocurre en otras patentes, este tipo de sistema de recogida es discreto, ya que como muestra la Ilustración 1.3.4, el cajón debe descargarse al remolque con la consecuente pérdida de tiempo que esto implica.

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

Otra de las patentes existentes expone una máquina autopropulsada capaz de realizar la recogida del fruto mediante unos cepillos de púas de material flexible. Estos impulsan hacia la parte delantera de la máquina los frutos del suelo junto con hojarasca, piedras pequeñas y otras impurezas. Todo ello es recogido por las palas de un segundo cepillo giratorio, el cual gira a mayor velocidad que el anterior y que lo impulsa de tal forma que les obliga a seguir el camino definido por la superficie interior de la carcasa de la máquina (figura 1.3.8). Gracias a un sistema hidráulico que lleva incorporado la máquina, es posible realizar a voluntad su guiado por medio de unas palancas de dirección y el accionamiento de unos pistones hidráulicos delanteros que permiten salvar los desniveles que presente el terreno. En el interior de la máquina se lleva a cabo la limpieza del fruto, y posteriormente es guiado hacia un elemento retenedor de los sacos a llenar (figura 1.3.9).

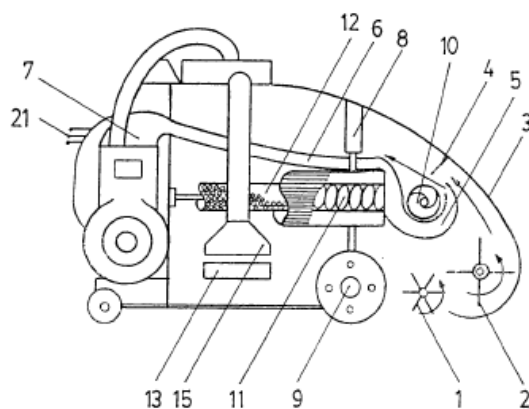


Ilustración 1.3.8 Vista de perfil izquierdo de la máquina (España Patente nº 2051164, 1994).

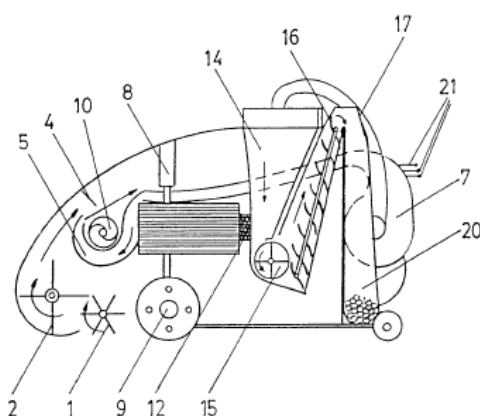


Ilustración 1.3.9 Vista de perfil derecho de la máquina (España Patente nº 2051164, 1994).

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

El guiado del sistema hidráulico, como expone la patente, lo lleva a cabo un operario, resultando esta tarea muy laboriosa ya que debe ir atento a toda irregularidad que presente el terreno, teniendo que quitar la vista del camino a seguir, lo que podría provocar un accidente. Además, al no disponer de ningún tipo de sensor de presión, la máquina puede ser dañada debido al contacto con el terreno. Por otro lado, el sistema de recogida mediante cepillos, aparte de los inconvenientes ya mencionados puede producir daños al fruto, los cuales podrán evitarse con la invención que se desarrolla en este trabajo.

Por último, aunque existen más invenciones de este tipo, pero con características menos comunes a nuestro diseño, se expone la que presenta más semejanzas con nuestro modelo ya que presenta un cabezal provisto de dos cepillos que se encargan de amontonar el fruto enfrente de la boca de aspiración como muestran las figuras 1.3.10 y 1.3.11. Sin embargo, el operario es el que se encarga de posicionar el cabezal a una altura óptima para la recogida, por lo que, si el suelo presenta irregularidades, el sistema puede no llegar al terreno o colisionar con este. En cambio, el diseño que se plantea en este trabajo dispone de unos sensores capaces de reconocer el perfil del suelo, posicionando en todo momento el cabezal horizontal a este, adaptándose a las posibles irregularidades de este.



Ilustración 1.3.10 Cabezal vista frontal (FACMA, 2018).

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA



Ilustración 1.3.11 Cabezal de aspiración (FACMA, 2018).

El sistema de aspiración que presenta esta marca (FACMA, 2018), consta de una turbina centrífuga al igual que nuestro diseño. Presenta la diferencia en que el sistema de limpieza del que dispone hace que sea una máquina muy pesada y de gran envergadura. Además, al igual que las anteriores, el fruto debe ser almacenado en cajones a la espera de ser llenados para su posterior vaciado al remolque.

1.4. Memoria justificativa

En este apartado de la memoria, se exponen las referencias y condiciones que se han seguido y tenido en cuenta para llegar al planteamiento del diseño final.

1.4.1. Material para la estructura

Las condiciones de carga que debe soportar la estructura determinarán el tipo de material necesario. El material tendrá que tener un determinado límite elástico según el criterio que se considere para el diseño y las máximas tensiones que se producirán en el mecanismo. El criterio de fallo que se considerará para determinar si el diseño es óptimo será el límite elástico del material, el cual no debe ser sobrepasado por las tensiones que aparecen en el modelo. Interesa no sobrepasar dicho límite elástico, ya que, al tratarse de un mecanismo de barras, donde cada una de ellas se encuentra encajada en el sistema con una tolerancia mínima, el desplazamiento producido en cada una de ellas puede provocar colisiones internas y el colapso del mecanismo.

Por lo tanto, el material que se va a elegir debe tener un límite elástico y de rotura adecuado. A su vez, también es interesante que sea un material común para no incurrir en sobrecostes debidos al material usado.

El diseño constará de partes soldadas, como la unión del cajón aspirador al portón del remolque o la unión de algunas de las piezas que presenta el diseño, por lo que se busca que el material presente buenas propiedades al ser soldado.

Teniendo en cuenta todas las premisas anteriormente comentadas el material elegido será un acero estructural laminado en caliente de grano fino, soldable y normalizado según la EN 10025-3: 2004. Designado con la nomenclatura S275N y habitualmente utilizado en maquinaria agrícola.

La principal ventaja de este acero, a parte de las características ya comentadas, es que puede recibir un tratamiento de normalización para mantener de este modo sus propiedades mecánicas (Budynas, 2012). Esta característica, de cara

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

a aumentar la vida útil del diseño, es fundamental ya que el mecanismo estará expuesto a constantes vibraciones y, por ende, esfuerzos de fatiga.

Todos los aceros presentan las siguientes características.

MÓDULO DE ELASTICIDAD	MÓDULO DE RIGIDEZ	COEFICIENTE DE POISSON	COEFICIENTE DE DILATACIÓN TÉRMICA	DENSIDAD
E (N/mm ²)	G (N/mm ²)	ν	A (°C) ⁻¹	P (kg/m ³)
210000	81000	0,3	1,2·10 ⁻⁵	7850

Tabla 1.4.1 Características comunes de los aceros (Civil, 2018).

Por lo que se podría realizar el modelo con un acero de calidad superior, ya que no aportaría peso extra al sistema pero si incrementaría su coste.

La empresa encargada de suministrar el acero será ArcelorMittal (ArcelorMittal, ArcelorMittal, 2018), compañía puntera en el sector siderúrgico que actúa en más de 60 países.

1.4.2. Dimensiones del mecanismo

Para la determinación de las condiciones de contorno necesarias para el diseño del mecanismo propuesto, un factor importante a tener en cuenta será el orden de magnitud del espacio de trabajo de la máquina. Para determinar dichas dimensiones hay que tener en cuenta todo tipo de cultivos y las características del suelo y humedad que poseen, ya que esto definirá el esquema de plantación de la parcela. El esquema de plantación más restrictivo será para cultivos de secano, en zonas donde el suelo es menos fértil y sufren un menor índice de lluvias, este esquema será de 10x10m (Artesano, 2018).

Debido a la disposición del diseño, el cual irá fijado al portón trasero del remolque, se puede estimar la envergadura que ha de tener para operar el tipo de cultivo visto anteriormente. Sabiendo que un remolque convencional dispone de un ancho de 2 m, y que el vehículo tractor debe circular por el centro de las hileras de

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

los árboles frutales, ya que la invención está diseñada para disponer de dos brazos mecánicos que realicen la operación de recogida de manera simultánea, se llega a la conclusión de que la distancia desde el lateral del remolque hasta el tronco del árbol será como máximo de 4 m como se indica en la figura 1.4.1.



Ilustración 1.4.1 Dimensiones características del diseño

Sin embargo, la recogida del fruto no se llevará a cabo en el tronco del árbol sino a una distancia de aproximadamente de 1 a 1,5 metros, por lo que queda definida, por tanto, la envergadura que debe tener el brazo para hacer frente a la operación de recogida, que estará entre 2,5 - 3 metros. A partir de esta longitud característica y previo análisis de todas las configuraciones posibles, se obtiene la longitud de cada una de las barras que componen el mecanismo, así como la del cilindro hidráulico encargado de contraer y extender el brazo (Anexo 1).

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

Otra de las características importantes de la invención será el traslado desde el cajón aspirador hasta el remolque. Dicha operación se realizará depositando el fruto a través del sistema de extracción diseñado, en un cajón cribador que se encargará mediante un sistema de vibrado de separar las partículas de tierra, ramas, etc. del fruto. Desde ahí, una cinta transportadora se encarga de ingresar el fruto libre de impurezas al remolque. Sin embargo, el sistema de limpieza, así como el de transporte hacia el remolque, forman parte de los trabajos futuros expuestos en este proyecto.

1.4.3. Sistema de anclaje al vehículo tractor

Normalmente, el vehículo tractor dispone de tres puntos de anclaje en la parte trasera de este (ilustración 1.4.2) para el acoplamiento de diferentes tipos de aperos, siguiendo la norma ISO 730.

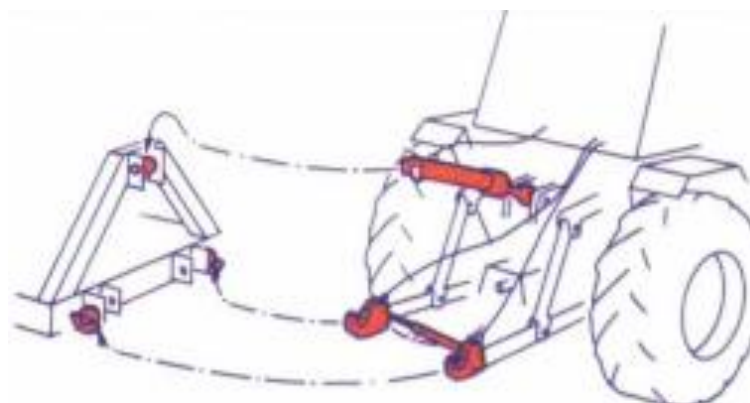


Ilustración 1.4.2 Sistema de acoplamiento de tres puntos (Ministerio de agricultura y pesca, 2010)

Sin embargo, debido al reducido espacio del que se dispone al trabajar el remolque acoplado al vehículo tractor, el diseño acoplado a los tres puntos del tractor impediría los giros cerrados para, por ejemplo, girar al finalizar la hilera de árboles frutales para encarar una nueva. Es por ello que se ha tenido que buscar una alternativa a la fijación convencional de tres puntos.

La solución adoptada finalmente es la de instalar el diseño en la parte trasera del remolque, permitiendo así todos los giros posibles del tractor y a la misma vez disponer del espacio suficiente para instalar tanto el sistema de recogida del fruto como el sistema de limpieza de este.

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

El portón trasero del remolque dispondrá de unas bisagras reforzadas en su parte superior para que a la hora de bascular el fruto en la almazara, el diseño quede colgado de estas y se mantenga siempre horizontal al suelo (ilustración 1.4.3), ya que como se indicó anteriormente, los cálculos del diseño se han realizado para soportar esfuerzos verticales.

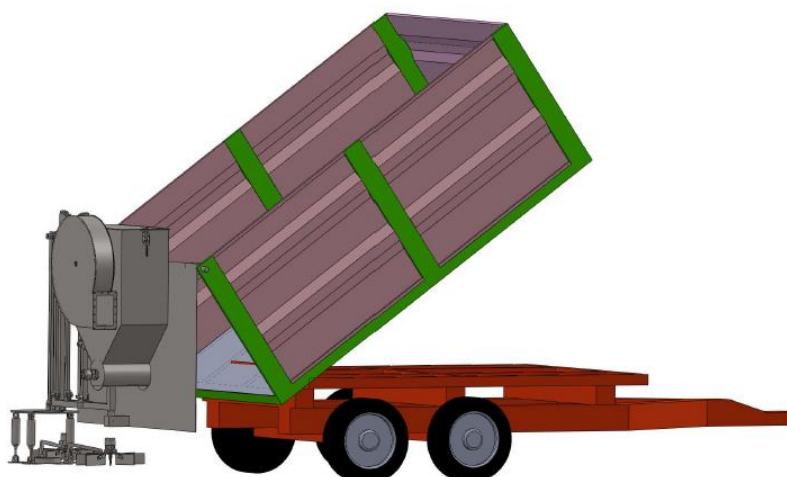


Ilustración 1.4.3 Posición del diseño en la basculación

La idea, por tanto, será la de vender el diseño como si se tratase de un portón trasero de remolque capaz de realizar la recolección de cualquier tipo de fruto depositado en el suelo y su limpieza. Realizando toda esta tarea de forma continua y semiautónoma, ya que el operario solo debe contraer o extender el brazo mecánico desde la cabina para posicionar el cabezal de aspiración encima de la hilera de fruto.

1.4.4. Sistema hidráulico

El principal problema que se presenta debido al hecho de instalar el diseño en la parte trasera del remolque, es que la toma de fuerza (TDF) del vehículo tractor se encuentra ahora alejada del diseño, por lo que no se dispone de sistemas de energía que suministren a nuestro diseño la potencia suficiente para realizar su actividad.

Se ha llegado a la conclusión, por tanto, de disponer de una bomba hidráulica instalada en la toma de fuerza del tractor, la cual suministrará toda la potencia y caudal de aceite necesario a los elementos hidráulicos de los que dispone el diseño.

El aceite será repartido mediante un distribuidor dependiendo de las necesidades de cada elemento y contará de un circuito independiente, de esta manera se evita la mezcla de aceite de diferentes tractores al acoplar el diseño en distintos vehículos.

Este apartado forma parte de los trabajos futuros que se realizarán al diseño, ya que aún se precisa de elementos hidráulicos para el sistema de limpieza.

1.4.5. Cilindros del cabezal

Para conocer la carrera de los cilindros encargados de posicionar el cabezal, es necesario disponer de la altura media de un remolque. Para ello, haciendo uso de la biografía correspondiente, se llega a que un remolque convencional posee una altura media de 1 m aproximadamente desde el suelo hasta el cajón. Sabiendo esto, se debe procurar que el cabezal de aspiración disponga de una altura suficiente para que en el transporte, quede a una distancia prudencial del suelo y que, a la hora de realizar la actividad de recogida, pueda extenderse sin problema para adaptarse a posibles socavones existentes en el terreno.

En el anexo 4 se da cuenta de todo lo expuesto en este apartado, llegando a la conclusión de que la opción óptima es utilizar cilindros hidráulicos, ya que para actividades de precisión son los más adecuados, y de tipo telescópico para que el cabezal quede lo más compacto posible.

1.4.6. Sistema de seguridad

El diseño del brazo mecánico se ha concebido para soportar el peso del cabezal, por lo que la colisión con algún obstáculo produciría fuerzas transversales al brazo que podrían causar daños irreversibles en los elementos del modelo. Para evitar que en el brazo mecánico se produzcan fuerzas lo suficientemente grandes que provoquen deformaciones permanentes en él, se ha diseñado un sistema de seguridad que evite la rigidez en el brazo, cediendo cuando se sobrepase la fuerza límite que producirá deformaciones plásticas en el material del diseño.

Para hallar la fuerza límite transversal que el mecanismo es capaz de soportar, se han supuesto las uniones rígidas y se ha calculado la fuerza transversal que actuará en el extremo del mecanismo cuando este se encuentra extendido.

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE
FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

Sabiendo el perfil de cada barra, se obtiene el módulo elástico de cada sección (tabla 1.4.2).

Elemento	Módulo elástico [cm ³]
Soporte (56x56)	7,59
Barra 2 (SHS 50.3)	29,27

Tabla 1.4.2 Módulo elástico de las barras comprometidas en el cálculo.

Aplicando ahora la ecuación de la tensión límite para determinar el momento máximo que soportará cada una de las secciones, se obtienen los momentos que se muestran en la tabla 1.4.3.

$$\sigma_{\text{lim}} = \frac{M}{W_{el}}$$

(Fórmula 1.4.1)

Donde:

- $\sigma_{\text{lim}} = 275 \text{ MPa}$, límite elástico del material.

Elemento	Momento limitante (Nm)
Soporte	8049,25
Barra 2	2087,25

Tabla 1.4.3 Momento resultante en cada sección.

Siendo conocida la distancia que existe desde el cabezal a cada una de las uniones del soporte (ilustración 1.4.4), se obtiene la fuerza transversal que el mecanismo es capaz de soportar sin deformarse (tabla 1.4.4).

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

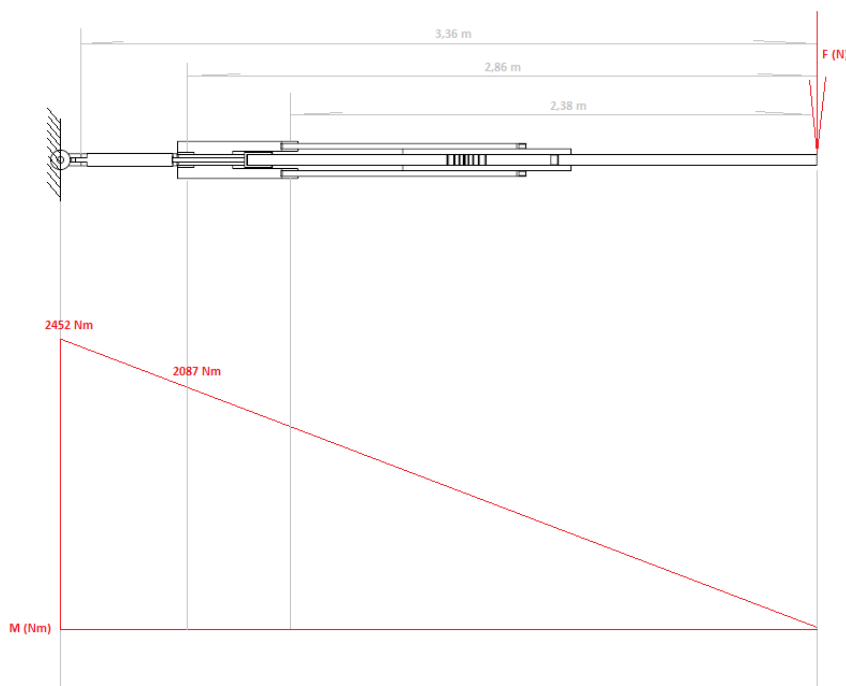


Ilustración 1.4.4 Diagrama de momentos provocado por las fuerzas transversales del brazo.

Elemento	Fuerza límite aplicada en el extremo (N)
Soporte	2395.61
Barra 2	729.8

Tabla 1.4.4 Límite de fuerza transversal en el extremo del mecanismo.

El momento que aparece al aplicar la fuerza límite obtenida en el extremo empotrado del brazo será, por lo tanto, de 2452 Nm.

Se pretende que con el sistema de seguridad, el mecanismo del brazo ceda al llegar en su extremo al momento límite anteriormente calculado. Para ello, se ha diseñado una junta descentrada 45° que hace que el soporte al sobrepasar dicho momento, se eleve al seguir la barra que lo atraviesa, perdiendo el equilibrio del que disponía en principio (ilustración 1.4.5).

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

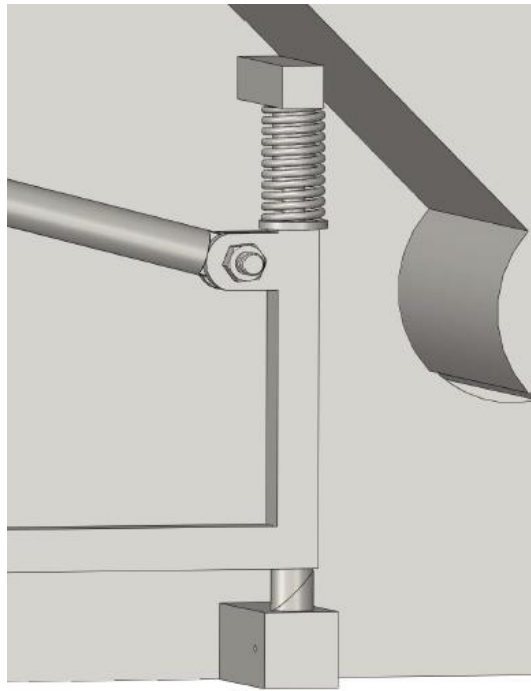


Ilustración 1.4.5. Sistema de seguridad con junta descentrada en su posición de equilibrio.

Una vez obtenida la fuerza transversal máxima que es capaz de soportar el mecanismo, se dispone de un resorte de compresión. Su función principal será la de provocar una fuerza contraria a la de elevación para que el brazo no ceda con el simple contacto de este con el suelo. Es por esto que el resorte será regulable, variando su longitud en función de la necesidad de energía que demande el soporte del mecanismo, regulándolo según el terreno.

1.5. Conclusiones

Los objetivos planteados en el proyecto se han alcanzado satisfactoriamente ya que se ha conseguido una recogida del fruto eficaz con la presencia única de un operario. Este será el encargado de cuadrar encima de la hilera de fruto el cabezal mediante unos mandos instalados en la cabina. Este cabezal de forma autónoma realizará la operación de barrido y aspiración del fruto sin necesidad de un operario que deba guiar y sostener el tubo, con el esfuerzo y tiempo que esto conlleva. Además, se ha conseguido una recogida del fruto de forma continua gracias al diseño del cajón, y a su posicionamiento en el remolque, por lo que se diferencia de toda la maquinaria existente en el mercado.

A su vez, el sistema hidráulico que presenta es independiente al sistema hidráulico del vehículo tractor. Dispone de una bomba conectada a la toma de fuerza del vehículo que suministrará el caudal necesario de aceite calculado en los anexos correspondientes a cada elemento. Con esto se evita que se produzcan mezclas de aceite al conectarlo a diferentes vehículos, conservando así sus propiedades.

El brazo mecánico, debido a su amplia envergadura desplegado, tiene una configuración determinada para poder llegar a zonas próximas a la base del árbol. Sin embargo, se pretende que retraído presente unas dimensiones óptimas para ser transportado sin ningún tipo de problema.

Las dimensiones del diseño se han tomado según el anexo 1 atendiendo a la longitud media que existe entre dos troncos de árbol frutal por donde pasará el vehículo tractor. El objetivo es el de poder instalar dos cabezales opuestos y simétricos en el diseño para abarcar los dos lados del vehículo, circulando este entre los troncos sin necesidad de aproximarse al fruto.

La máquina cuenta con un mecanismo de seguridad que permite al brazo mecánico bascular en caso de que se produzca una colisión con algún obstáculo. Este mecanismo no ha sido observado en ninguna máquina agrícola actual, por lo que es una característica importante y novedosa en el diseño propuesto.

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

No obstante, es solo un prototipo que habría que mejorar realizando ensayos y validando los sistemas y mecanismos que se proponen, aunque no es objeto del presente trabajo la fabricación de un prototipo y sus análisis de campo.

Con lo expuesto en esta memoria y en los demás documentos anexos, se considera que el diseño objeto de proyecto ha quedado totalmente definido. No obstante, someto a juicio al tribunal correspondiente para toda aquella ampliación, aclaración y/o modificación que estimen oportuna.

1.6. Trabajos futuros

Dado que se trata de un prototipo, una de las funciones principales de un proyecto de estas características es encontrar puntos de mejora, especialmente en el diseño y en la fabricación, de cara a poder industrializar el producto y que sea posible fabricarlo.

Enfocando como objetivo la posible comercialización de la invención, resultaría interesante, y por supuesto necesaria, una estricta revisión al diseño y al proceso de fabricación. Consiguiendo simplificar el modelo al máximo con objeto de optimizar costes, tiempos de fabricación, vida útil, relación calidad-precio, entre otros factores, buscando la posibilidad de tener éxito en el posible mercado del producto.

Se plantean a continuación algunas propuestas interesantes de cara a la mejora e industrialización del diseño:

- La simetría de la máquina. Como se ha comentado en anteriores ocasiones, la máquina ha sido diseñada con idea a realizar la tarea de forma simétrica por ambos lados del vehículo, de ahí las dimensiones impuestas, que presenta una gran envergadura para realizar la labor de recogida del fruto por ambos lados a la vez. A pesar de ello, el brazo recogido se pliega tras el remolque evitando bultos a la hora del transporte, es por eso que la configuración que presenta el diseño es en forma de brazo. Además, los tiempos de recogida del fruto se reducirían considerablemente, por lo que es una opción bastante interesante de estudiar en trabajos posteriores para mejorar el proceso de recogida del fruto.
- Utilizar materiales más ligeros para realizar las diferentes partes que presenta el diseño como por ejemplo aluminio o/y materiales compuestos. Esto supondría un incremento en el coste por material, pero lo compensaría el coste debido a sistemas de sujeción que debe disponer el remolque para soportar el peso extra que añade el diseño.
- El modelo que aquí se expone consta de un segundo diseño, encargado de la limpieza del fruto y de transportar este desde el sistema de

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

limpieza hasta el remolque. Ambos diseños serán integrados en el portón trasero del remolque, ocupando el mínimo espacio posible y utilizando el mismo sistema hidráulico. El diseño del sistema de limpieza forma parte de los trabajos futuros referidos en este apartado, así como el cálculo de la bomba hidráulica encargada de suministrar el aceite a todos los elementos del sistema.

- Más sistemas de seguridad que eviten que se produzcan problemas a la hora de realizar el proceso de barrido. Aunque se han diseñado sistemas de seguridad como el sistema que permite al brazo bascular en caso de que se produzca una colisión con un obstáculo, sería conveniente diseñar más mecanismos que permitiesen aumentar la vida útil de la máquina.

1.7. Bibliografía

En este apartado se detalla la bibliografía utilizada para realizar este trabajo.

- Agarín. (2018). *Agarín*. Obtenido de Agarín: <http://www.agarin.es/>
- Agarín. (2018). *Agarín*. Obtenido de Agarín: <http://www.agarin.es/catalogo.html>
- ArcelorMittal. (2018). *ArcelorMittal*. Obtenido de ArcelorMittal: <http://constructalia.arcelormittal.com/es>
- ArcelorMittal. (2018). *ArcelorMittal*. Obtenido de ArcelorMittal: <https://industry.arcelormittal.com/catalogue/H41/ES>
- Artesano, S. (2018). *Sabor Artesano*. Obtenido de Plantación y cultivo del olivo: <http://www.sabor-artesano.com/cultivo-olivo.htm>
- Beer, Johnston, Mazurek, & Eisenberg. (1962). *Mecánica vectorial para ingenieros*. McGraw-Hill.
- Berrocal, L. O. (1998). *Elasticidad*. Madrid: McGraw-Hill.
- Budynas, R. (2012). *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley*. McGraw-Hill.
- CAUSER. (2018). *CAUSER*. Obtenido de CAUSER: <http://www.roller.es/catalogo/marcas-propias/causer/>
- CICROSA. (2018). *CICROSA*. Obtenido de <https://www.cicrosa.com/index.php/productos/cilindros-hidraulicos/cilindros-telescopicos/cilindros-telescopicos-estandar-de-simple-efecto/>
- Civil, P. d. (2018). *Prontuarios de ingeniería civil*. Obtenido de Prontuarios de ingeniería civil: <http://prontuarios.info/materiales/acero>
- Deere, J. (2018). *John Deere*. Obtenido de John Deere: <https://www.deere.es/es/index.html>
- FACMA. (2018). *FACMA*. Obtenido de FACMA: <https://www.facma.it/prodotti.asp>
- Fernández Díez, P. (2008). *Biblioteca sobre ingeniería energética*. Obtenido de Fernandez Díez: http://files.redsauce.net/js/pdfjs/web/viewer.html?file=http%3A%2F%2Fmanager.redsauce.net%2FAppController%2Fcommands_RSM%2Fapi%2Fapi_getFile.php%3FitemID%3D119%26propertyID%3D20%26RToken%3D59e8ac1045d03e2ff6564c0638315f38
- Fomento, M. d. (2011). *Instrucción de Acero Estructural Capítulo IX*.
- Garin Fuentes, R. (2007). *España Patente nº 1064460*.

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE
FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

- Garriga Badia, A. (1994). *España Patente nº 2051164*.
- Garriga, I. (2018). *Industrias Garriga*. Obtenido de Industrias Garriga:
<http://www.industriasgarriga.com/maquinaria-de-recoleccion/>
- Garriga, I. (2018). *Industrias Garriga* . Obtenido de Industrias Garriga :
<http://www.industriasgarriga.com/>
- IMOPSI. (2018). *IMOPSI*. Obtenido de IMOPSI:
<https://www.imopsi.com/catalogo/multimarcas/cepillos/cepillo-lateral-frontal-polipropileno-detail>
- ManguerFLEX. (s.f.). *ManguerFLEX*. Obtenido de
<https://manguerflex.es/producto/manguera-de-aspiracion-flexible-de-poliuretano-mf/>
- Ministerio de agricultura y pesca. (2010). Los enganches rápidos o automáticos. *Sobre el papel*, 33.
- Monné Simó, J. (2009). *España Patente nº 1070302*.
- N. I., K. (1975). *Manual de Física Elemental*. Mir.
- Norton, R. L. (1992). *Diseño de maquinaria*. McGraw-Hill Higher.
- Oleohidráulica, A. (2018). *ADIGRA oleohidráulica*. Obtenido de ADIGRA oleohidráulica:
<http://www.adigraoleohidraulica.com/>
- Pedrajas Pérez, J. (2004). *España Patente nº 2199038*.
- Rodríguez Galbarro, H. (2018). *Ingemecánica*. Obtenido de
<https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn37.html>
- ROEMHELD. (2018). *ROEMHELD*. Obtenido de https://www.roemheld-gruppe.de/fileadmin/user_upload/downloads/programmuebersichten/ROEMHELD-Hydraulikzylinder_es_0411.pdf
- ROEMHELD. (2018). *ROEMHELD*. Obtenido de ROEMHELD: <https://www.roemheld-gruppe.de/es/home.html>
- Roquet, P. (2018). *Roquet making moves*. Obtenido de http://www.pedro-roquet.com/baixades/bombas-pumps_pnc_-_bi.02.06.02-03.15.pdf
- Roquet, P. (2018). *Roquet making moves*. Obtenido de http://www.pedro-roquet.com/baixades/bombas-pumps_m_-_bi.02.01.02-03.171.pdf
- SODECA. (2018). *SODECA*. Obtenido de SODECA:
http://www.sodeca.com/repository/documentos/ES/SE01_CAM_2018ES.pdf
- TORMETAL. (2018). *Tormetal fasteners management*. Obtenido de
<https://www.tormetal.com/>

2. ANEXOS

2.1. Anexo 1. Bases de cálculo

En este apartado se detallarán una serie de cálculos y mediciones necesarios para poder conocer las características que, en primera instancia, van a definir el diseño que se propone.

A) Grados de libertad del sistema

En primer lugar, se muestra en la figura 2.1.1 un primer diseño del mecanismo que se va a definir.

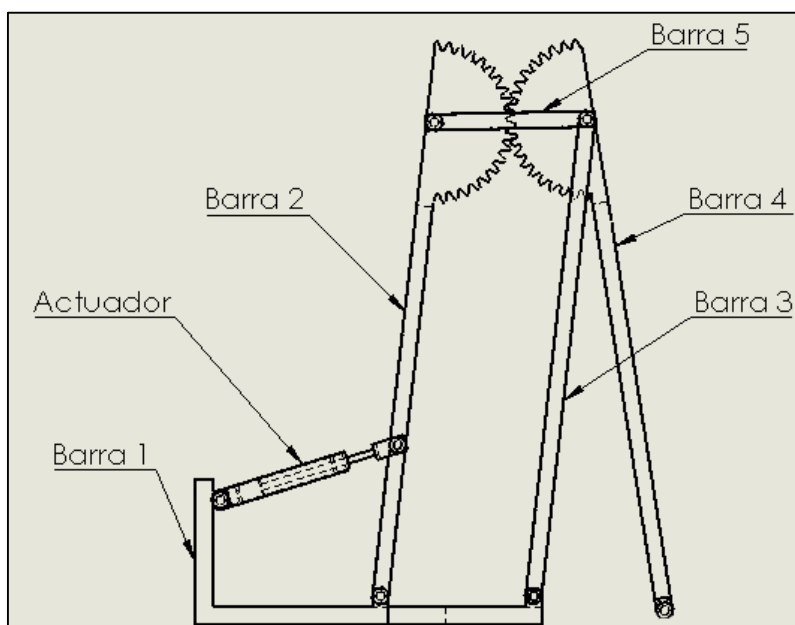


Ilustración 2.1.1 Esquema del mecanismo

La meta que se pretende conseguir con este diseño es obtener el movimiento deseado utilizando el menor número de grados de libertad posible. El motivo es que se necesitarán tantos actuadores como grados de libertad tenga el sistema, reduciendo por tanto el número de grados de libertad se reducirá la complejidad del mecanismo. Para ello se ha utilizado la ecuación de Grübler que permite obtener el número de grados de libertad del mecanismo analizado (Norton, 1992).

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

$$G = 3 \cdot (N - 1) - 2P_I - P_{II}$$

(Fórmula 2.1.1)

Donde cada término de la ecuación es:

- G, grado de libertad o movilidad
- N, número de eslabones
- P_I, número de juntas de 1 GDL
- P_{II}, número de juntas de 2 GDL

Teniendo en cuenta la ecuación 2.1.1 será necesario analizar el mecanismo y obtener todas las uniones del mismo. En la figura 2.1.2 se han señalado las juntas y semi-juntas del mecanismo diseñado.

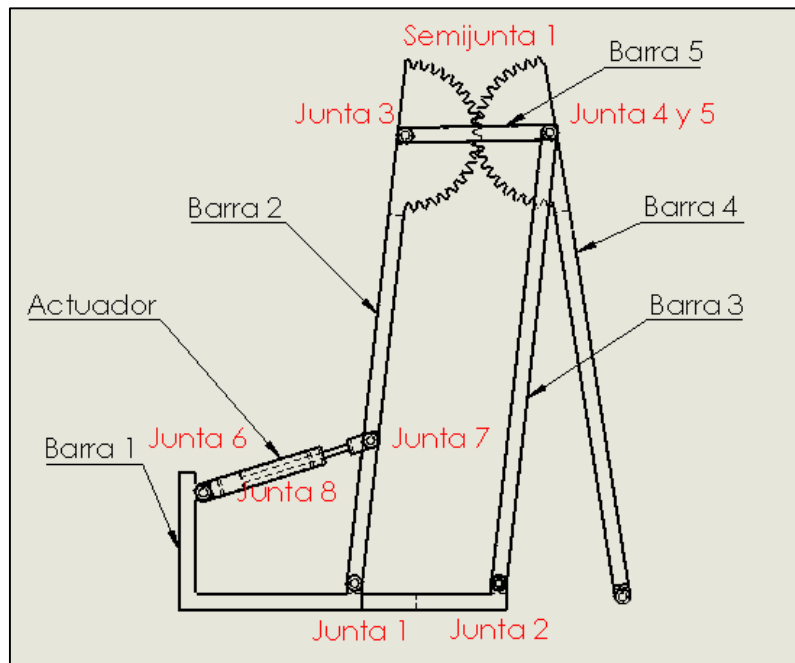


Ilustración 2.1.2 Juntas y semi-juntas del sistema

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE
FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

La tabla 2.1.1 recoge las partes de las que se compone el mecanismo:

Número de eslabones	N=7
Juntas de 1 GDL	P _I =8
Juntas de 2 GDL	P _{II} =1

Tabla 2.1.1 Elementos del mecanismo

Sustituyendo en la fórmula de Grübler se obtiene:

$$G = 3 \cdot (7 - 1) - 2 \cdot 8 - 1 = 1 \text{ GDL}$$

El mecanismo diseñado dispone de un grado de libertad. La posición del mismo estará definida en todo momento, siempre que sea conocida la situación del actuador.

B) Análisis de los mecanismos de 4 barras del sistema

A continuación, se van a analizar dos conjuntos formados por 4 barras para determinar qué tipo de mecanismo es, de esta manera se limitará si es necesario su ángulo de transmisión.

B.1) Mecanismo 1

El mecanismo 1 está formado por las barras 1, 2, 3 y 5 (figura 2.1.1). Para poder definir qué tipo de mecanismo es, se utilizará la condición de Grashof. Esta condición establece, a partir de las longitudes de las barras, el tipo de mecanismo. Se definen las barras como:

- S, longitud de la barra más corta (barra 1)
- L, longitud de la barra más larga (barra 2)
- P, longitud de la barra intermedia (barra 5)
- Q, longitud de la barra restante (barra 3)

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

En la figura 2.1.3 se muestra el esquema con las barras según han sido nombradas:

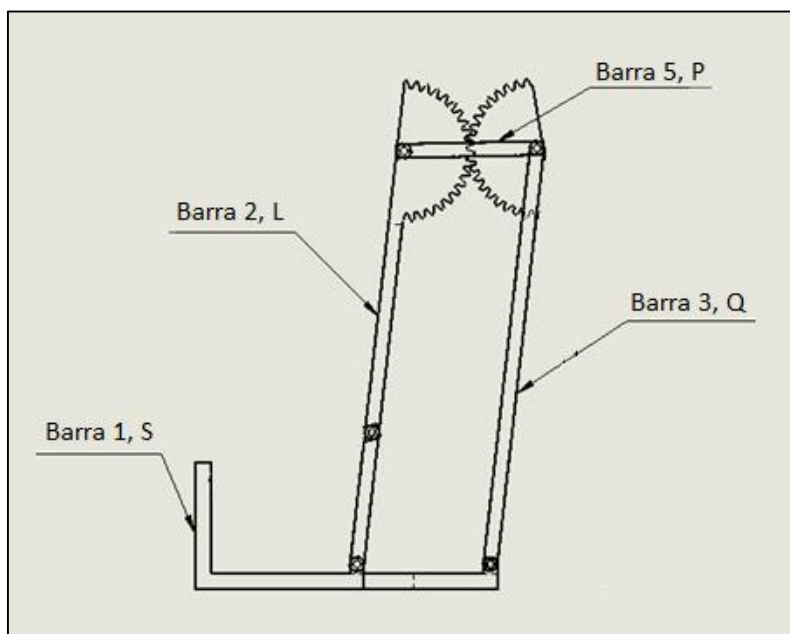


Ilustración 2.1.3 Barras del mecanismo 1

La tabla 2.1.2 muestra los diferentes tipos de mecanismos según Grashof:

Clase I (Grashof)	$S + L < P + Q$	<ul style="list-style-type: none"> - 'S' es adyacente al eslabón tierra. Manivela - balancín, donde 'S' es la manivela. - 'S' es el eslabón tierra. Doble manivela. - 'S' es opuesto al eslabón tierra. Doble balancín, sólo el acoplador efectúa una revolución completa.
Clase II (No Grashof)	$S + L > P + Q$	Ningún eslabón será capaz de efectuar una revolución completa. Triple balancín
Clase III (Clase especial)	$S + L = P + Q$	Hay puntos de cambio dos veces por revolución de la manivela de entrada, cuando los eslabones queden colineales. EJM. Paralelogramo, antiparalelogramo

Tabla 2.1.2 Condiciones de Grashof (Norton, 1992)

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

Se observa en la figura 2.1.3 que las longitudes de la barra 1 es igual a la longitud de la barra 5 y que las barras 2 y 3 también comparten la misma longitud. De esta manera $S = P$ y $L = Q$, lo que permite llegar a la conclusión de que $S + L = P + Q$. Teniendo en cuenta esta ecuación y observando la tabla 2.1 se puede concluir que se trata de un mecanismo de clase III. Este tipo de inversión cinemática se conoce como caso especial de Grashof y en ella el movimiento debe ser limitado para evitar que alcance los puntos de cambio. Se limitará el movimiento de este mecanismo un ángulo ϑ de 45° , de esta manera se evita que se alcance una posición de agarrotamiento y por ende un punto de cambio. Otro factor importante para definir el valor de este ángulo, es la recomendación de tener un ángulo de transmisión mínimo superior a 40° para tener una buena transmisión y un movimiento suave.

B.2) Mecanismo 2

En este caso el mecanismo lo forman las barras 1, 2 y el actuador. No se ha realizado análisis de Grashof ya que el movimiento vendrá limitado por el actuador, por lo que se debe adaptar el mecanismo a éste, teniendo en cuenta el ángulo de transmisión μ (figura 2.1.4).

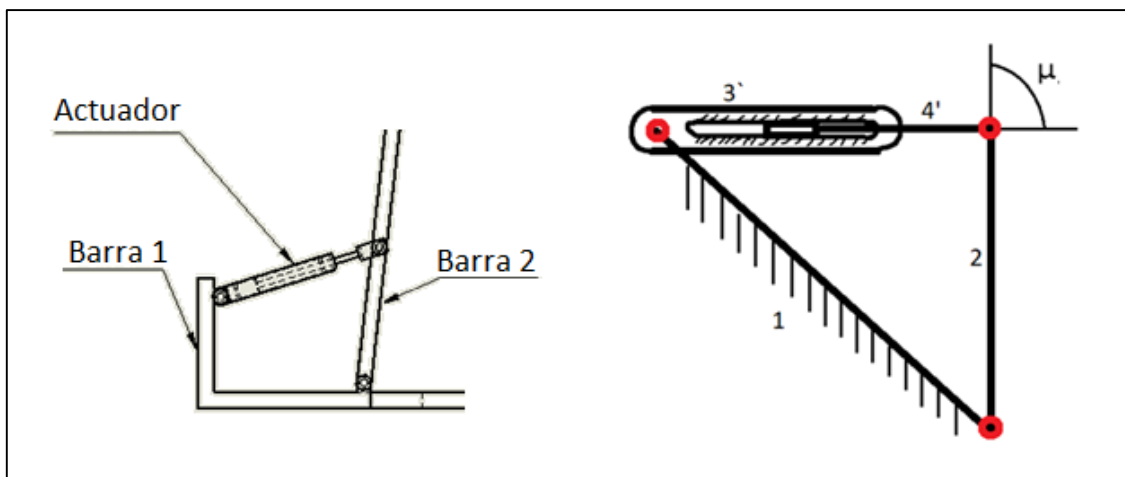


Ilustración 2.1.4 Barras del mecanismo 2

C) Dimensiones del mecanismo

En este apartado se van a definir las longitudes de las barras del diseño propuesto. El mecanismo debe tener una longitud suficiente como para que el cabezal del que disponga alcance extendido el interior del árbol frutal. Para ello se ha realizado un estudio previo de las dimensiones de los diferentes cultivos a los que está orientado este proyecto, tales como olivos, almendros, pistachos, etc. Se ha llegado a la conclusión de que la longitud más representativa es de 3 metros, en la figura 2.1.5 se ha representado el mecanismo extendido.

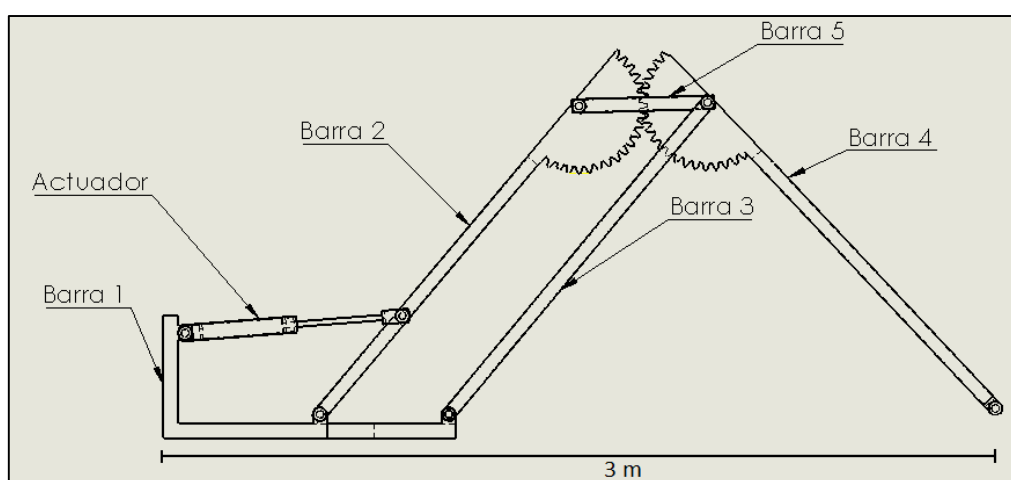


Ilustración 2.1.5 Brazo mecánico extendido

Teniendo en cuenta esta longitud, se han obtenido las de las demás barras, en la tabla 2.1.3 se recogen las medidas de cada una.

Número de barra	Longitud (m)
Barra 2	1,5
Barra 3	1,5
Barra 3	1,5
Barra 4	0,5

Tabla 2.1.3 Longitudes características de cada barra

D) Disposición del cilindro

Una vez que se han obtenido las longitudes de las barras, únicamente faltaría por definir la longitud del actuador o cilindro. Para poder definirlo correctamente será necesario tener en cuenta el ángulo de transmisión limitado anteriormente a 40° ($\mu > 40^\circ$).

Se han probado diferentes configuraciones teniendo en cuenta el esquema mostrado en la figura 2.1.6. Se ha fijado el ángulo de transmisión a 45° ($\vartheta=45^\circ$) y se ha ido variando el punto de anclaje del cilindro, para ello se han modificado las longitudes A, B y D, obteniéndose a partir de ellas las longitudes E y E'. En la tabla 2.1.4 se resumen las diferentes posiciones estudiadas, en la que E representa la longitud del cilindro comprimido y E' es la longitud del cilindro extendido.

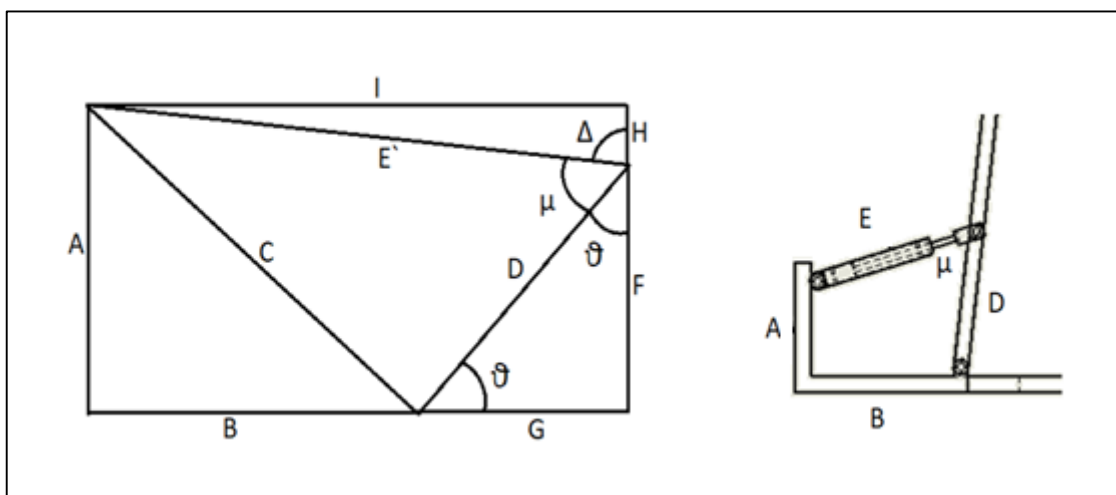


Ilustración 2.1.6 Partes características del actuador

	A	B	D	ϑ	F	H	G	I	E	E'	δ	Δ	μ	Recorrido del pistón
1	0,5	0,5	0,4	45	0,283	0,217	0,283	0,783	0,510	0,812	15,504	74,496	60,504	0,303
2	0,5	0,5	0,5	45	0,354	0,146	0,354	0,854	0,500	0,866	9,736	80,264	54,736	0,366
3	0,5	0,5	0,6	45	0,424	0,076	0,424	0,924	0,510	0,927	4,684	85,316	49,684	0,417
4	0,6	0,5	0,5	45	0,354	0,246	0,354	0,854	0,510	0,888	16,105	73,895	61,105	0,379
5	0,6	0,5	0,6	45	0,424	0,176	0,424	0,924	0,500	0,941	10,765	79,235	55,765	0,441
6	0,6	0,5	0,7	45	0,495	0,105	0,495	0,995	0,510	1,001	6,026	83,974	51,026	0,491
7	0,1	0,5	0,5	45	0,354	0,254	0,354	0,854	0,640	0,890	16,544	73,456	28,456	0,250
8	0,2	0,5	0,5	45	0,354	0,154	0,354	0,854	0,583	0,867	10,198	79,802	34,802	0,284
9	0,3	0,5	0,5	45	0,354	0,054	0,354	0,854	0,539	0,855	3,590	86,410	41,410	0,317

Tabla 2.1.4 Longitudes características de cada barra

Las disposiciones posibles son las marcadas en rojo, ya que en primer lugar se cumple que el ángulo de transmisión $\mu > 40^\circ$. Para poder evaluar cuál de ellas es la disposición óptima se han simulado con el programa Working Model. Con estas simulaciones se han podido obtener los valores de las velocidades y aceleraciones, así como su evolución. Se han tenido en cuenta cada una de las longitudes de las barras, sabiendo además que, la velocidad normal a la que puede contraerse y extenderse un cilindro es 0,05 m/s.

La figura 2.1.7 muestra la gráfica de cómo evoluciona la velocidad y aceleración angulares en el caso de la disposición 9. Se puede concluir que la disposición óptima será la dicha, ya que es la única que al haber sido simulada la aceleración y velocidad son lineales, lo que indica que no existirán picos de aceleraciones extremadamente altos que puedan dañar el mecanismo.

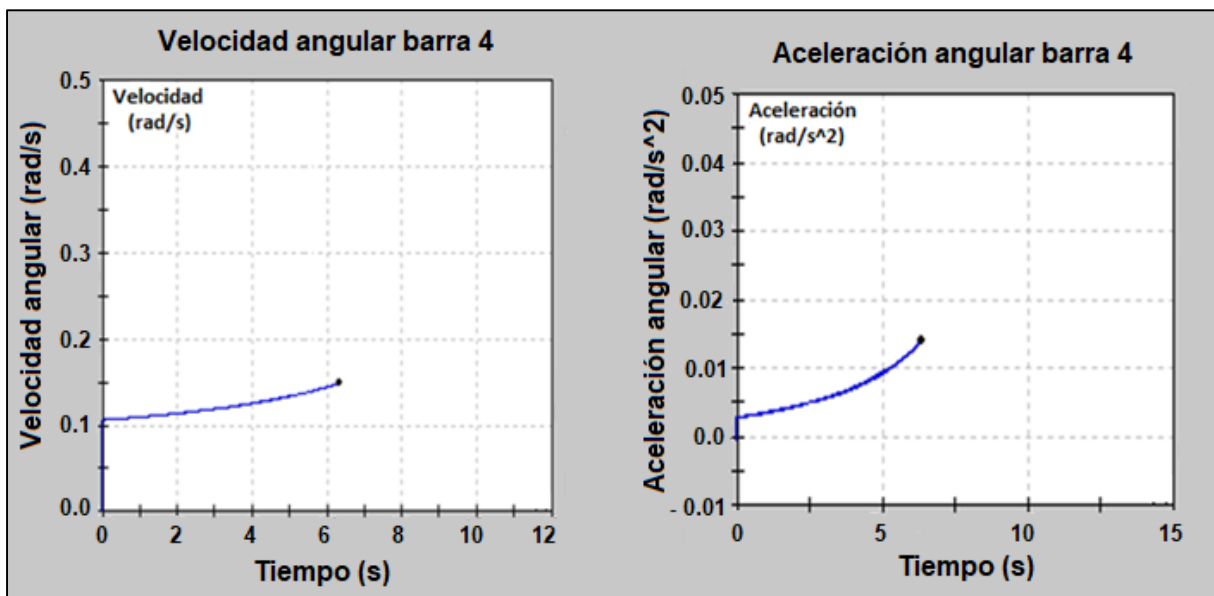


Ilustración 2.1.7 Simulación del mecanismo en Working Model

La tabla 2.1.5 muestra las velocidades y aceleraciones que se han obtenido con la simulación del punto donde irá situado el cabezal.

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE
FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

Velocidad del punto de anclaje del cabezal	
v_x	0,320 m/s
v_y	-0,002 m/s
$ v $	0,320 m/s
ω	0,150 rad/s
Aceleración del punto de anclaje del cabezal	
a_x	-0,018 m/s ²
a_y	-0,001 m/s ²
$ a $	0,018 m/s ²
α	0,014 rad/s ²

Tabla 2.1.5 Aceleraciones y velocidades obtenidas en la simulación de la disposición 9

En el caso del actuador se ha obtenido una velocidad lineal de valor 0,050 m/s

E) CONCLUSIONES

Se puede concluir por tanto este análisis inicial del mecanismo, ya que se ha obtenido una disposición óptima del mismo, la cual verifica cada una de las restricciones. Se han calculado las dimensiones de las barras que forman el diseño (posición 9, tabla 2.1.4) y la disposición del actuador.

2.2. Anexo 2. Análisis cinemático

La cinemática se define como la rama de la física que describe el movimiento de los objetos sin considerar las causas que lo originan (las fuerzas). Para realizar este análisis, previamente se debe conocer la configuración del sistema, esta configuración inicial ha sido estudiada en el anexo 1.

En este apartado se estudiará toda la cinemática que engloba al mecanismo diseñado, siendo objeto de interés, las posiciones límite del mismo. Estas posiciones límite vendrán dadas cuando el actuador esté completamente retraído (posición límite 1), y cuando el actuador esté totalmente extendido (posición límite 2).

A) POSICIÓN LÍMITE 1(CÁLCULO TEÓRICO)

Como se ha comentado anteriormente, esta situación límite se dará cuando el cilindro esté retraído.

Para conocer la velocidad en un instante dado, se hace acopio de las ecuaciones de velocidad y aceleración estudiadas y aplicadas en cada uno de los instantes dados. En la figura 2.2.1 se muestran las velocidades y aceleraciones que son de interés para esa posición límite.

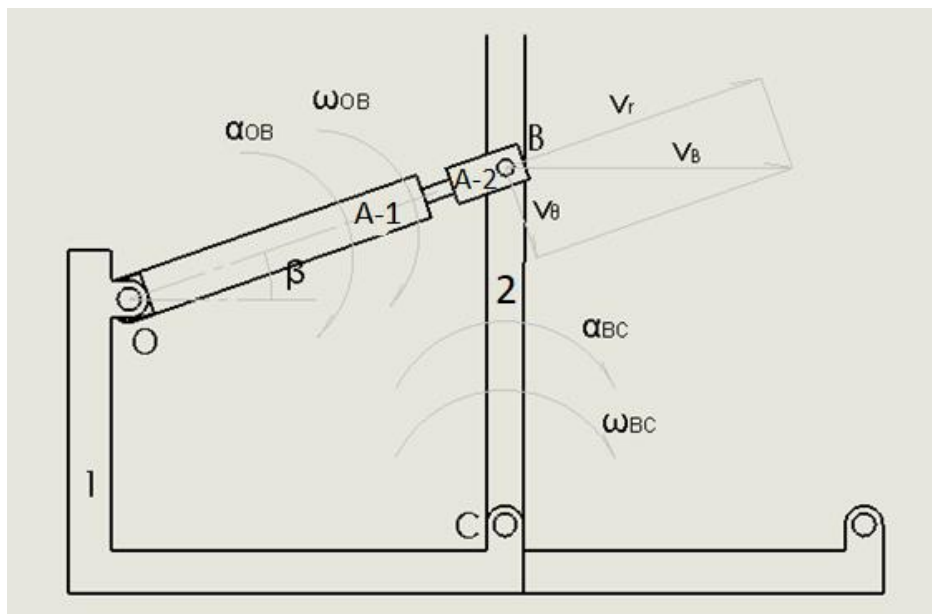


Ilustración 2.2.1 Posición límite 1

Resolviendo el triángulo de velocidades, se obtiene el valor de la velocidad en el punto B. Como tanto la v_r (velocidad del cilindro hidráulico, anexo 1), como la geometría del sistema son conocidas, se puede obtener la velocidad del punto B, v_B .

$$v_B = \frac{v_r}{\cos \beta} = \frac{0.05}{\cos 21.8^\circ} = 0.0539 \text{ m/s}$$

(Fórmula 2.2.1)

Siendo conocida esta velocidad y la distancia r_{BC} , se obtiene la velocidad angular de la barra 2.

$$\omega_2 = \frac{v_B}{r_{BC}} = \frac{0.0539}{0.5} = 0.1078 \text{ rad/s} \quad (\sphericalangle)$$

(Fórmula 2.2.2)

En el caso del cilindro, la velocidad v_θ se obtiene de igual forma aplicando trigonometría en el triángulo de velocidades:

$$v_\theta = v_r \cdot \tan \beta = 0.02 \text{ m/s}$$

(Fórmula 2.2.3)

Y su velocidad angular será:

$$\omega_{Actuador} = \frac{v_\theta}{r_{OB}} = \frac{0.02}{0.54} = 0.0371 \text{ rad/s} \quad (\sphericalangle)$$

(Fórmula 2.2.4)

Una vez se ha concluido con las velocidades, han de obtenerse las aceleraciones haciendo uso de sus fórmulas (Beer, Johnston, Mazurek, & Eisenberg, 1962). Un punto de comienzo sería calcular la aceleración lineal en el punto B tal y como se muestra a continuación:

$$a_B = a_C + a_{B/C}$$

(Fórmula 2.2.5)

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE
FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

Donde:

- $a_C = 0 \text{ m/s}^2$
- $a_{B/C} = \alpha_{BC} \times \vec{r}_{BC} + (-\omega_{BC}^2) \cdot \vec{r}_{BC}$

Quedando:

$$a_B = \alpha_{BC}(-\hat{k}) \times 0.5\hat{j} - 0.1078^2 \cdot 0.5\hat{j} = (0.5 \cdot \alpha_{BC})\hat{i} - 5.8 \cdot 10^{-3}\hat{j}$$

(Fórmula 2.2.6)

Se observa que dos miembros de esta ecuación no son conocidos, por lo que habrá que hacer uso de otra ecuación complementaria. Esta ecuación será la aceleración del punto B pero obtenida desde el nodo O. La ecuación queda de la forma:

$$a_B = a_O + a_{B/O}$$

(Fórmula 2.2.7)

Donde:

- $a_O = 0 \text{ m/s}^2$
- $a_{B/O} = \alpha_{OB} \times \vec{r}_{OB} + (-\omega_{OB}^2) \cdot \vec{r}_{OB}$

Quedando:

$$a_B = \alpha_{OB}(-\hat{k}) \times (0.5\hat{i} + 0.2\hat{j}) - 0.0371^2 \cdot (0.5\hat{i} + 0.2\hat{j})$$

$$= -0.5 \cdot \alpha_{OB}\hat{j} + 0.2 \cdot \alpha_{OB}\hat{i} - 6.88 \cdot 10^{-4}\hat{i} - 2.75 \cdot 10^{-4}\hat{j}$$

(Fórmula 2.2.8)

Reordenando todos los miembros e igualando la ecuación 2.2.6 y la ecuación 2.2.8, queda un sistema:

$$\begin{cases} 0.5 \cdot \alpha_{BC} = 0.2 \cdot \alpha_{OB} - 6.88 \cdot 10^{-4} \\ -5.8 \cdot 10^{-3} = -0.5 \cdot \alpha_{OB} - 2.75 \cdot 10^{-4} \end{cases}$$

Despejando las aceleraciones angulares, se obtiene:

$$\alpha_{OB} = 0.01105 \text{ rad/s}^2$$

$$\alpha_{BC} = 3.04 \cdot 10^{-3} \text{ rad/s}^2$$

B) POSICIÓN LÍMITE 2 (CÁLCULO TEÓRICO)

Una vez ha sido estudiada la situación en la que el cilindro está totalmente retraído, se estudiará en este apartado cuando el cilindro está totalmente extendido. La figura 2.2.2 muestra esta situación, en la que se han marcado las velocidades lineales y angulares.

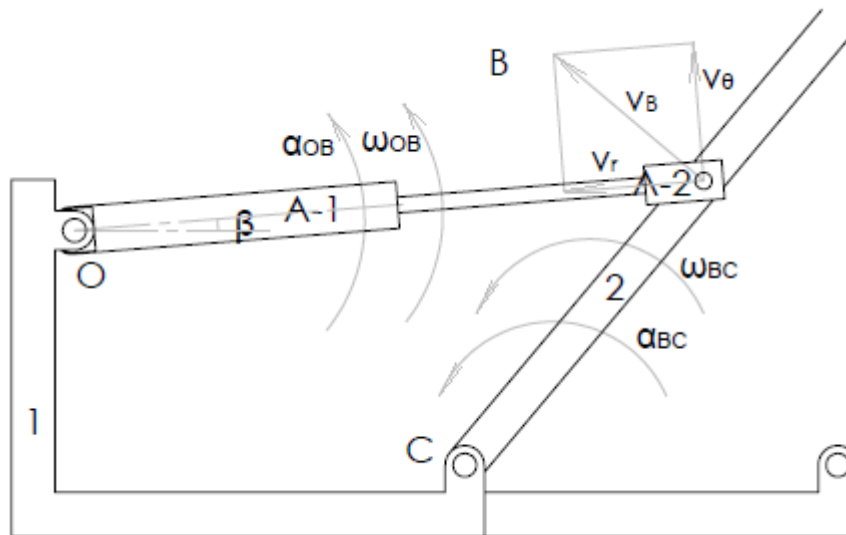


Ilustración 2.2.2 Posición límite 2

Resolviendo el triángulo de velocidades, se obtiene el valor de la velocidad en el punto B. Al igual que antes, la v_r (ahora de contracción) y la geometría del sistema son conocidas, por lo que la velocidad v_B valdrá:

$$v_B = \frac{v_r}{\cos \beta} = \frac{0.05}{\cos 48.62^\circ} = 0.0756 \text{ m/s}$$

(Fórmula 2.2.9)

Sabiendo esta velocidad y la distancia r_{BC} se obtiene la velocidad angular de la barra 2.

$$\omega_2 = \frac{v_B}{r_{BC}} = \frac{0.0756}{0.5} = 0.1512 \text{ rad/s} \quad (\zeta)$$

(Fórmula 2.2.10)

Con respecto al cilindro, la velocidad $v_{A\theta}$ se obtiene de igual forma aplicando trigonometría en el triángulo de velocidades:

$$v_{A\theta} = v_r \cdot \tan \beta = 0.0568 \text{ m/s}$$

(Fórmula 2.2.11)

Y su velocidad angular será:

$$\omega_{Actuador} = \frac{v_{\theta}}{r_{OB}} = \frac{0.0568}{0.856} = 0.0664 \text{ rad/s} \quad (\mathcal{U})$$

(Fórmula 2.2.12)

Una vez se ha concluido con las velocidades, han de obtenerse las aceleraciones haciendo uso de sus fórmulas. La forma de proceder es idéntica a la del apartado anterior:

$$a_B = a_C + a_{B/C}$$

(Fórmula 2.2.13)

Donde:

- $a_C = 0 \text{ m/s}^2$
- $a_{B/C} = \alpha_{BC} \times \vec{r}_{BC} + (-\omega_{BC}^2) \cdot \vec{r}_{BC}$

Quedando:

$$a = \alpha_{BC}(\hat{k}) \times (0.354\hat{i} + 0.354\hat{j}) - 0.1512^2 \cdot (0.354\hat{i} + 0.354\hat{j})$$

(Fórmula 2.2.14)

Reordenando términos:

$$a_B = (0.354 \cdot \alpha_{BC})\hat{j} - (0.354 \cdot \alpha_{BC})\hat{i} - 8.09 \cdot 10^{-3}\hat{i} - 8.09 \cdot 10^{-3}\hat{j}$$

(Fórmula 2.2.15)

Para obtener la ecuación que complete el sistema, se vuelve a desarrollar la fórmula de la aceleración, pero esta vez desde otro punto de referencia (punto O).

$$a_B = a_O + a_{B/O}$$

(Fórmula 2.2.16)

Donde:

- $a_O = 0 \text{ m/s}^2$
- $a_{B/O} = \alpha_{OB} \times \vec{r}_{OB} + (-\omega_{OB}^2) \cdot \vec{r}_{OB}$

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE
FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

Quedando:

$$\begin{aligned} a_B &= \alpha_{OB}(\hat{k}) \times (0.854\hat{i} + 0.054\hat{j}) - 0.0664^2 \cdot (0.854\hat{i} + 0.054\hat{j}) \\ &= (0.854 \cdot \alpha_{OB})\hat{j} - (0.054 \cdot \alpha_{OB})\hat{i} - 3.77 \cdot 10^{-3}\hat{i} - 2.38 \cdot 10^{-4}\hat{j} \end{aligned}$$

(Fórmula 2.2.17)

Reordenando todos los miembros e igualando la ecuación 2.2.15 y la ecuación 2.2.17 queda:

$$\begin{cases} 0.354 \cdot \alpha_{BC} - 0.854 \cdot \alpha_{OB} = 7.852 \cdot 10^{-3} \\ -0.354 \cdot \alpha_{BC} - 0.054 \cdot \alpha_{OB} = 4.32 \cdot 10^{-3} \end{cases}$$

Y despejando se obtiene:

$$\alpha_{OB} = -0.01522 \text{ rad/s}^2$$

$$\alpha_{BC} = -0.01452 \text{ rad/s}^2$$

A continuación, se ha recogido todos los valores calculados para ambas situaciones (tabla 2.2.1):

ACTUADOR CONTRAÍDO	
v_B	0,0539 m/s
$ \omega_{\text{Barra 2}} $	0,1078 rad/s
v_g	0,02 m/s
$ \omega_{\text{Actuador}} $	0,0371 rad/s
α_{Actuador}	0,01105 rad/s ²
$\alpha_{\text{Barra 2}}$	$3,04 \cdot 10^{-3}$ rad/s ²
ACTUADOR EXTENDIDO	
v_B	0,0756 m/s
$ \omega_{\text{Barra 2}} $	0,1512 rad/s
v_g	0,0568 m/s

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE
FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

$ \omega_{Actuador} $	0,0664 rad/s
$ \alpha_{Actuador} $	0,01522 rad/s ²
$ \alpha_{Barra 2} $	0,01452 rad/s ²

Tabla 2.2.1 Aceleraciones y velocidades obtenidas teóricamente

Se ha implementado un programa en Matlab para poder calcular la velocidad y aceleración en todos los puntos de interés. Esta función será empleada en sucesivos apartados ya que será necesario disponer de la aceleración de los centros de gravedad de cada una de las barras. Con estos valores se podrán obtener las fuerzas que actúen sobre el mecanismo. La figura 2.2.3 muestra el resultado obtenido con Matlab para las velocidades angulares de las barras 2, 3 y 4 con el cilindro extraído (todas comparten la misma aceleración angular).

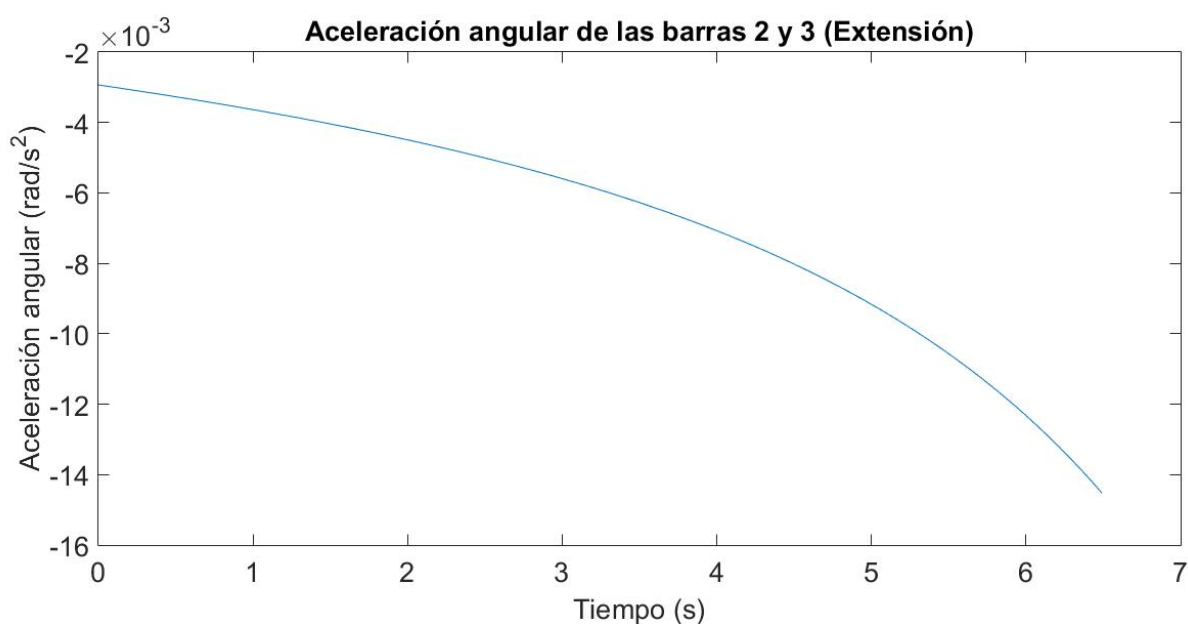


Ilustración 2.2.3 Evolución de las aceleraciones angulares con el cilindro extraído

C) CÁLCULO ANALÍTICO, SIMULACIÓN

En este apartado se van a obtener los valores de velocidades y aceleraciones mediante una simulación en Working Model. Para ello se ha creado una geometría respetando las longitudes de cada barra e imponiendo la velocidad correspondiente al cilindro hidráulico, la figura 2.2.4 muestra el modelo que se ha simulado. La barra de color verde es el actuador y la de color azul corresponde a la barra 2.

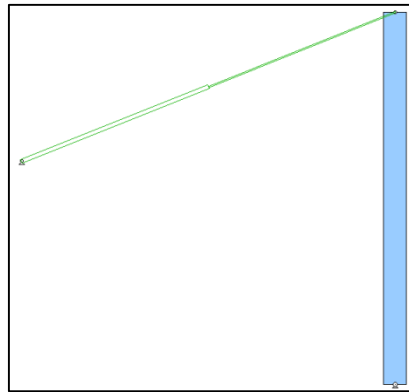


Ilustración 2.2.4 Modelo Working Model

Los resultados de la simulación se muestran a continuación, la figura 2.2.5 indica la velocidad angular y la figura 2.2.6 muestra la aceleración angular, ambas de la barra 2.

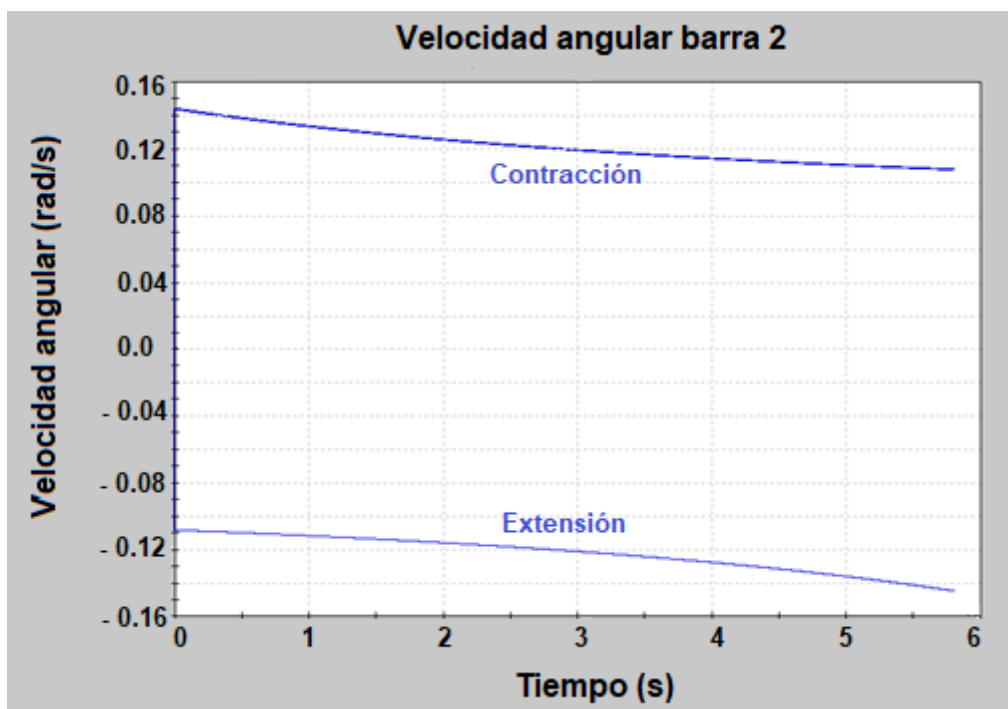


Ilustración 2.2.5 Velocidad angular de la barra 2

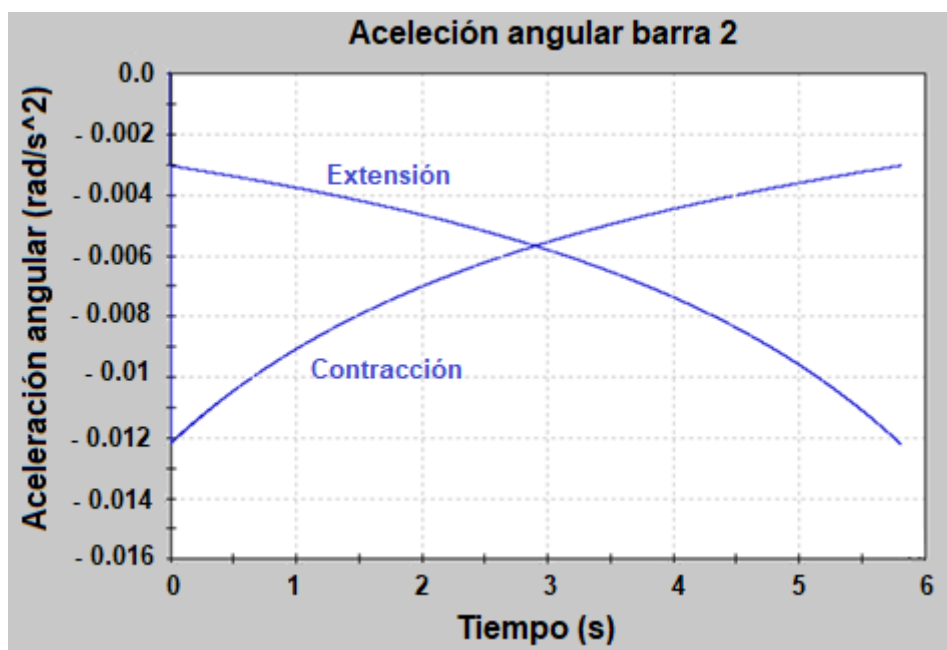


Ilustración 2.2.6 Aceleración angular de la barra 2

La tabla 2.2.2 recoge los valores obtenidos mediante la simulación.

ACTUADOR CONTRAÍDO	
$ \omega_{Barra\ 2} $	0,1101 rad/s
$\alpha_{Barra\ 2}$	0,003 rad/s ²
ACTUADOR EXTENDIDO	
$ \omega_{Barra\ 2} $	0,142 rad/s
$\alpha_{Barra\ 2}$	0,0121 rad/s ²

Tabla 2.2.2 Aceleraciones y velocidades obtenidas en la simulación de la disposición 9

D) ACELERACIÓN DE LOS CENTROS DE GRAVEDAD

Previamente se ha calculado la aceleración angular de cada barra, queda determinar dónde se ubica su centro de gravedad. Para ello se ha ejecutado en Matlab un código diseñado para calcularlo de forma automática. Este código utiliza el siguiente contenido teórico (Beer, Johnston, Mazurek, & Eisenberg, 1962):

$$\vec{r}_{CM} = \frac{\sum \vec{r} \cdot m}{m_T}$$

(Fórmula 2.2.18)

Donde:

- \vec{r}_{CM} , vector de posición de centro de masas.
- m_T , masa total de la pieza.
- \vec{r} , vector de posición de centro de masas de geometría sencilla.
- m , masa de la geometría sencilla.

El programa CAD de modelado mecánico SolidWorks, tiene una herramienta que devuelve todas las características de la pieza diseñada. Es por esto que se tomarán los datos obtenidos por el programa ya que se ajusta mejor a la geometría real (figura 2.2.7).

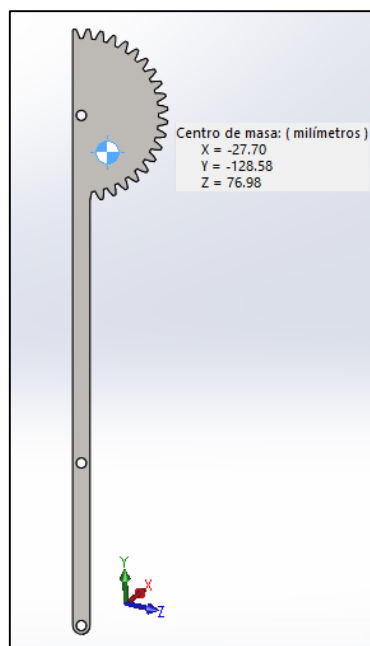


Ilustración 2.2.7 Centro de gravedad de la barra 2

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

Las ecuaciones utilizadas para determinar la aceleración del centro de masas de cada pieza se han implementado en Matlab® para hacer menos tediosos los cálculos.

$$\vec{\alpha}_{CGact} = \vec{\alpha}_O + \vec{\alpha}_{CGact/O} = \vec{\alpha}_{OB} \times \vec{r}_{CGact/O} + (-\omega_{OB}^2) \cdot \vec{r}_{CGact/O}$$

(Fórmula 2.2.19)

En esta ecuación todos los términos son conocidos a excepción de $\vec{\alpha}_{CGact}$, despejando este término se tiene que:

$$\vec{\alpha}_{CG2} = \vec{\alpha}_C + \vec{\alpha}_{CG2/C} = \vec{\alpha}_{BC} \times \vec{r}_{CG2/C} + (-\omega_{BC}^2) \cdot \vec{r}_{CG2/C}$$

(Fórmula 2.2.20)

La barra 3 tiene la misma aceleración angular que la barra 2 por ser esclava una de la otra, provocando que la aceleración de su centro de gravedad se calcule de igual modo, pero teniendo en cuenta la geometría de esta.

La aceleración del centro de gravedad de la barra 4 será:

$$\vec{\alpha}_{CG4} = \vec{\alpha}_E + \vec{\alpha}_{CG4/E} = \vec{\alpha}_{BC} \times \vec{r}_{CG2/C} + (-\omega_{BC}^2) \cdot \vec{r}_{CG2/C}$$

(Fórmula 2.2.21)

Donde $\vec{\alpha}_E$ es la aceleración en el extremo de la barra 3 (figura 2.2.8) y que es igual a:

$$\vec{\alpha}_E = \vec{\alpha}_F + \vec{\alpha}_{E/F} = \vec{\alpha}_{BC} \times \vec{r}_{E/F} + (-\omega_{BC}^2) \cdot \vec{r}_{E/F}$$

(Fórmula 2.2.22)

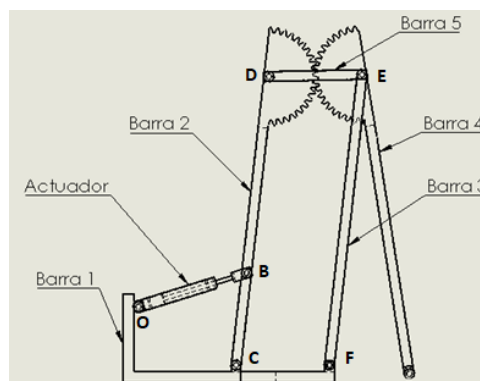


Ilustración 2.2.8 Esquema del mecanismo

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

De nuevo todos los miembros son conocidos por lo que se determina así la aceleración del centro de gravedad de la barra 4.

Para finalizar, queda determinar la aceleración del centro de gravedad de la barra 5, que como se aprecia en la figura 2.2.8, está conectada con las barras 2 y 3 a través de las juntas D y E. Como anteriormente ya se calculó la aceleración del punto E, y la aceleración del punto D es idéntica, toda la barra 5 está sometida a la misma aceleración igual a la del punto E.

E) CONCLUSIONES

En primer lugar, se han calculado las velocidades y aceleraciones de las dos posiciones límites del cilindro. Interesa de ambas posiciones aquella en la que se encuentran la aceleración y velocidad más desfavorable. Esta posición se produce cuando el brazo está extendido completamente, la tabla 2.2.3 muestra los resultados obtenidos teóricamente, así como los obtenidos mediante el software Working Model para esta situación. En el anexo 2.3 se estudiará esta posición límite.

	TEÓRICO	NUMÉRICO	ERROR RELATIVO (%)
VELOCIDAD ANGULAR (rad/s)	0,1512	0,142	6,08
ACELERACIÓN ANGULAR (rad/s ²)	0,01452	0,0121	12,3

Tabla 2.2.3 Aceleración y velocidad más desfavorable

2.3. Anexo 3. Análisis dinámico

El objetivo de este anexo es determinar las fuerzas que actúan en cada barra para poder dimensionar el mecanismo con la menor cantidad de acero posible, disminuyendo así tanto el peso del sistema como su precio en el mercado.

A) MÉTODO DE CÁLCULO

El sistema se analiza cuando se encuentra en movimiento, (en los momentos exactos del comienzo de la extensión y retracción), donde se dan mayores fuerzas como consecuencia de la inercia de cada una de las barras. Debido a ello ha sido necesario recurrir al Teorema D'Alembert (Norton, 1992), de modo, que se puedan analizar los sistemas dinámicos con fuerzas de inercia como sistemas estáticos basados en las leyes de la mecánica estática. Esto simplificará en gran medida los cálculos.

$$m \cdot \ddot{r} = \sum F_{ext} \rightarrow \begin{cases} \sum F_x = m \cdot a_{CG,x} \\ \sum F_y = m \cdot a_{CG,y} \end{cases}$$

(Fórmula 2.3.1)

$$I \cdot \ddot{\theta} = \sum M_{ext} \rightarrow \sum M = I \cdot \alpha$$

(Fórmula 2.3.2)

Es necesario, por tanto, conocer tanto la inercia de cada pieza, como la aceleración en los centros de gravedad de cada una de ellas.

Este análisis de cálculo se resuelve iterativamente ya que la masa de cada barra aún no es conocida, por lo que se hace un primer análisis teniendo en cuenta solo el peso del cabezal (72 kg). Para comenzar este análisis es conveniente empezar por la barra 4, ya que presenta 3 reacciones desconocidas (R_{x4} , R_{y4} y F_t , figura 2.3.1) que pueden resolverse al aplicar las ecuaciones 2.3.1 y 2.3.2. En un primer momento se va a despreciar el peso propio de las barras, pero las inercias

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

están estrechamente relacionadas con dicho peso, es por ello que se utilizarán las ecuaciones de equilibrio estático (fórmulas 2.3.3 y 2.3.4).

$$\sum F = 0 \rightarrow \begin{cases} \sum F_x = 0 \\ \sum F_y = 0 \end{cases}$$

(Fórmula 2.3.3)

$$\sum M = 0$$

(Fórmula 2.3.4)

La figura 2.3.1 muestra un esquema del mecanismo y sobre él se ha representado todas las reacciones y fuerzas que actúan sobre él.

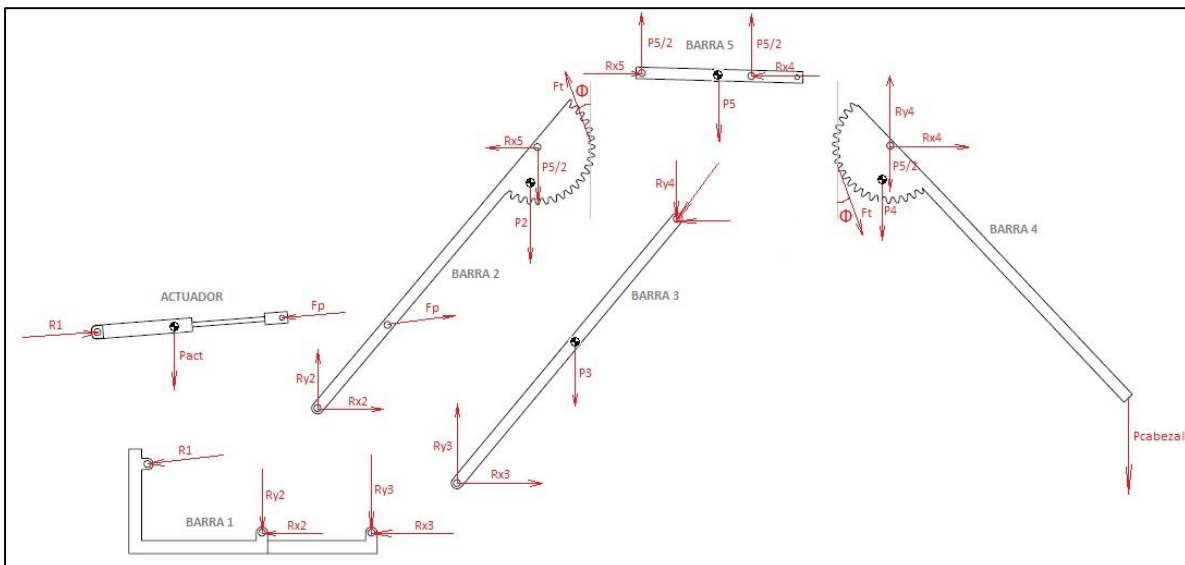


Ilustración 2.3.1 Diagrama de cuerpo libre del mecanismo en extensión

B) CÁLCULO TEÓRICO

Una vez conocidas las ecuaciones que se utilizarán para el cálculo dinámico, se ha hecho un script en Matlab para automatizar el cálculo. En primer lugar, se han definido los vectores que contienen las coordenadas 'x', 'y' y 'z' de cada punto donde existe una fuerza o reacción. Después se ha representado la magnitud de la fuerza descompuesta en el eje 'y' y el eje 'x'. En último lugar se toman los momentos referidos al sistema de referencia elegido y se resuelven las ecuaciones. En este primer análisis, como ya se ha comentado, no se considera la masa de las barras al no ser conocidos los perfiles utilizados, es por ello que cuando se incluya este se deben tener en cuenta en las ecuaciones los momentos de inercia.

```

X3=[0      CG3*cos((AngInclin-Ang3)*(pi/180))  longb*cos((AngInclin)*(pi/180))];
Y3=[0      CG3*sin((AngInclin-Ang3)*(pi/180))  longb*sin((AngInclin)*(pi/180))];
FY3=[Ry3   -2*Peso3*gravedad-2*Peso3*ACGY3      -Ry4      ];
FX3=[Rx3   -2*Peso3*ACGX3                        Rx_4      ];

M3=[(X3.*FY3)-(Y3.*FX3)];

[Rx3,Ry3,Rx_4]=solve(sum(FY3)==0,sum(FX3)==0,sum(M3)==0,Rx3,Ry3,Rx_4); % Se resuelve el Teorema D'Alembert.
```

Ilustración 2.3.2 Script de Matlab para la resolución de la barra 3

La figura 2.3.2 muestra el código empleado para la barra 3, este esquema se sigue para todas las barras que existen en el mecanismo y, como se indicó anteriormente, se comienza por la barra 4, y se continúa con la barra 3, 5 y finalmente la barra 2.

C) PREDIMENSIONADO

Una vez que se ha ejecutado el script de Matlab que se ha descrito anteriormente, se han obtenido las reacciones que serán utilizadas para el dimensionado de las barras. Como era de esperar la barra 2 es la que está sometida a más tensión, descomponiendo estas tensiones se han obtenido los diagramas de momentos flectores, cortantes y axiles (figura 2.3.3). A partir de esta barra se ha dimensionado el resto del mecanismo.

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

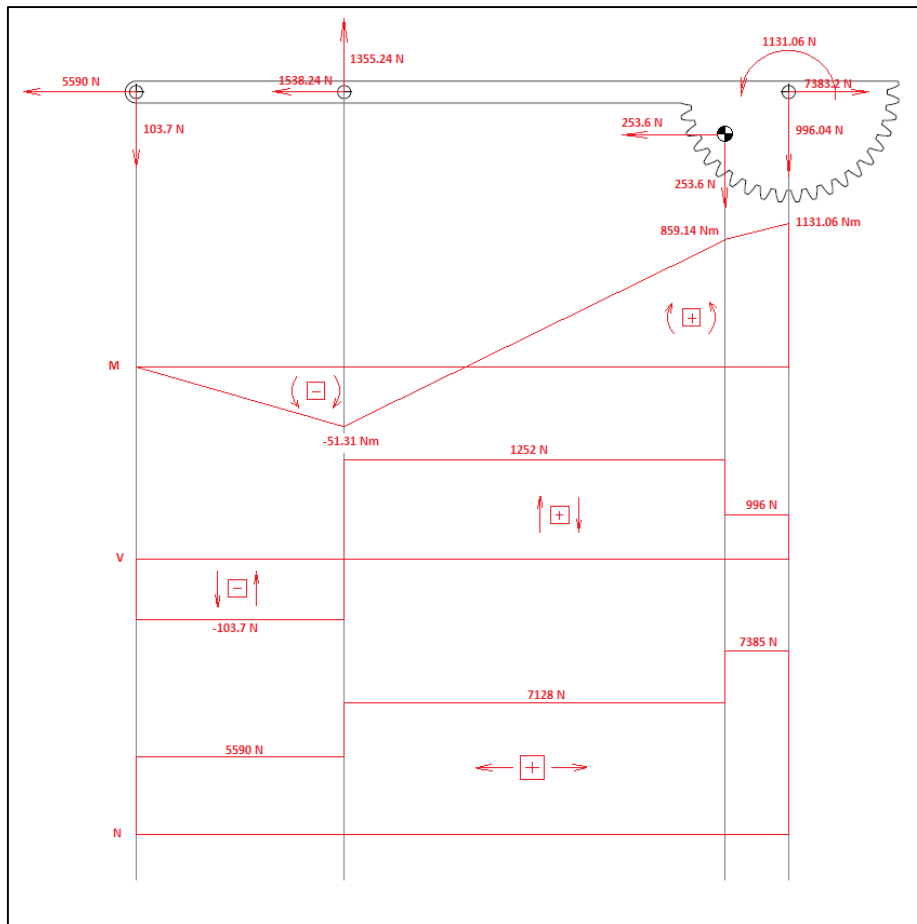


Ilustración 2.3.3 Diagrama de momentos flectores, cortantes y axiles de la barra 2

Haciendo un predimensionado y teniendo en cuenta solo los momentos, ya que serán la acción más restrictiva, se obtiene el módulo elástico de la sección de la barra. Se utiliza un coeficiente de seguridad de 1.5 que permitirá exceder los esfuerzos aplicados al mecanismo en un 50% y un coeficiente de 1.05, que se traduce como las posibles imperfecciones que puedan darse en el material aumentando los esfuerzos en un 5%.

$$\sigma > \frac{M}{W} \rightarrow W > \frac{M}{\sigma} = \frac{1131 \text{ Nm}}{\frac{275 \text{ MPa}}{1.5 \cdot 1.05}} = 6.478 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 = 6478 \text{ mm}^3$$

(Fórmula 2.3.5)

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

Para encontrar la sección deseada, se hace uso de una serie de tablas de perfiles normalizados (ArcelorMittal, ArcelorMittal, 2018) y se escoge un perfil que supere el módulo elástico obtenido con la ecuación 2.3.5. Teniendo en cuenta estos parámetros se debe seleccionar un perfil SHS 45.4, el cual presenta un módulo elástico de 7070 mm^3 .




Tabla	Dimensiones			Términos de sección				
SHS	a	t	r	A	S	I	W	i
Perfil	mm	mm	mm	cm ²	cm ³	cm ⁴	cm ³	cm
# 40.2	40	2	5	2.90	2.04	6.60	3.40	1.53
# 40.3	40	3	8	4.13	2.80	9.01	4.51	1.48
# 40.4	40	4	10	5.21	3.40	10.50	5.26	1.42
# 45.2	45	2	5	3.30	2.63	9.94	4.42	1.74
# 45.3	45	3	8	4.73	3.65	13.40	5.95	1.68
# 45.4	45	4	10	6.01	4.49	15.90	7.07	1.63
# 50.2	50	2	5	3.70	3.30	13.90	5.57	1.94
# 50.3	50	3	8	5.33	4.62	19.00	7.59	1.89
# 50.4	50	4	10	5.81	5.73	22.90	9.15	1.83
# 55.2	55	2	5	4.10	4.04	18.90	6.86	2.14
# 55.3	55	3	8	5.93	5.70	25.90	9.43	2.09
# 55.4	55	4	10	7.61	7.12	31.60	11.50	2.04
# 60.2	60	2	5	4.50	4.86	24.80	8.28	2.35
# 60.3	60	3	8	6.53	6.89	34.40	11.50	2.30
# 60.4	60	4	10	8.41	8.66	42.30	14.10	2.24
# 60.5	60	5	13	10.10	10.20	48.50	16.20	2.19
# 70.2	70	2	5	5.30	6.71	40.30	11.50	2.76
# 70.3	70	3	8	7.73	9.60	56.60	16.20	2.71
# 70.4	70	4	10	10.00	12.20	70.40	20.10	2.65
# 70.5	70	5	13	12.10	14.50	82.00	23.40	2.60
# 80.3	80	3	8	8.93	12.80	86.60	21.70	3.11
# 80.4	80	4	10	11.60	16.30	108.80	27.20	3.06
# 80.5	80	5	13	14.10	19.50	128.00	32.00	3.01
# 80.6	80	6	15	16.50	22.40	144.00	36.00	2.95

Ilustración 2.3.4 Tabla de perfiles SHS (ArcelorMittal, ArcelorMittal, 2018)

D) DIMENSIONADO

Una vez que se tiene el perfil de partida, se puede ejecutar de nuevo el script de Matlab, pero esta vez se tendrá en cuenta la masa de cada barra y por tanto los momentos de inercia obtenidos con SolidWorks. Este análisis proporciona unas reacciones y tensiones diferentes a los valores anteriores, la tabla 2.3.1 recoge los resultados.

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE
FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

REACCIONES OBTENIDAS TENIENDO EN CUENTA EL EFECTO DE LA MASA (N)	
R_{x4}	-1520,92
R_{y4}	5600,71
F_t	4446,86
R_{x3}	5631,17
R_{y3}	5661,63
R_{x5}	-7152,09
$P_{5/2}$	10,15
R_{x2}	-2735,54
R_{y2}	-3554,99
F_p	-2901,33

Tabla 2.3.1 Reacciones obtenidas con Matlab

El diagrama de momentos obtenido ahora es el que aparece en la figura 2.3.5.

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

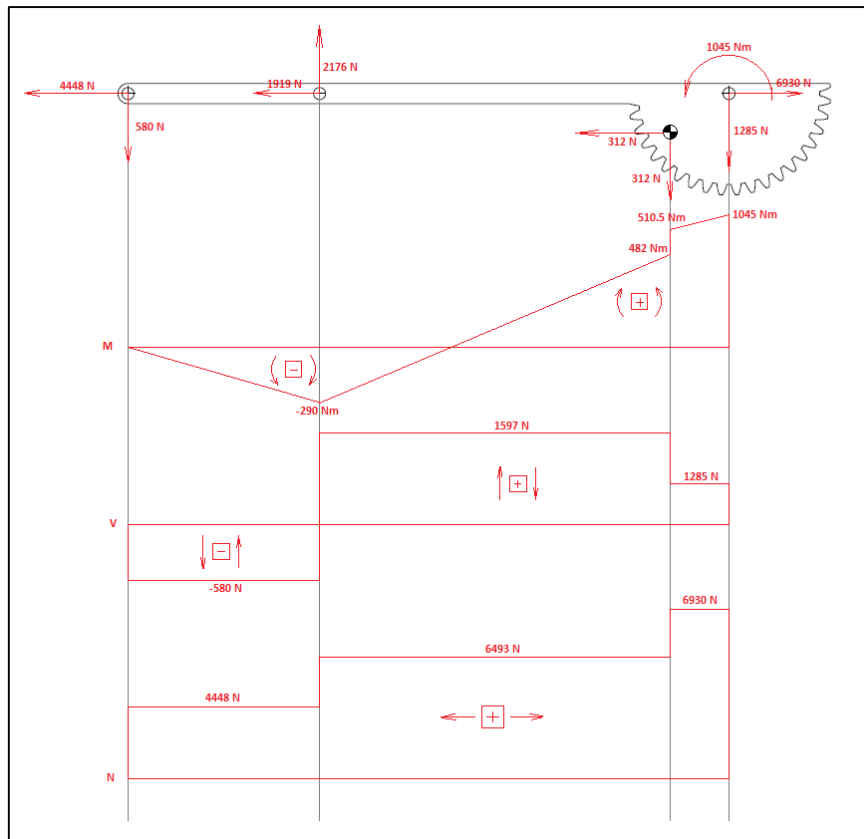


Ilustración 2.3.5 Diagrama de momentos flectores, cortantes y axiles de la barra 2

Una vez que se tienen los diagramas se procede a realizar un dimensionado completo, es decir, teniendo en cuenta los momentos y axiles. Se han tomado las características geométricas del perfil seleccionado inicialmente (figura 2.3.4) y que son:

- Perfil SHS 45.4
- $A=6,01 \text{ cm}^2$
- $A_{\text{cortante}}=3,6 \text{ cm}^2$
- $W=7,07 \text{ cm}^3$
- $I=15,9 \text{ cm}^4$

Sabiendo que para determinar la tensión normal y el cortante las ecuaciones son (Berrocal, 1998):

$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M}{W}$$

(Fórmula 2.3.6)

$$\tau = \frac{V}{A_{cortante}}$$

(Fórmula 2.3.7)

$$\sigma_{equivalente} = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

(Fórmula 2.3.8)

Quedando finalmente una $\sigma_{equivalente} = 159.3$ MPa, inferior al límite elástico del material (275 MPa).

Una forma de optimizar el diseño es determinar una sección de la barra que soporte las cargas extraídas anteriormente y no introducir excesivo material para abaratar el modelo en la medida de lo posible. Esto se consigue observando que la sección SHS 50.3 posee mejores características geométricas que la elegida y a su vez el área de la sección disminuye un 11.3 %, lo que puede traducirse en un ahorro de material. Aplicando las ecuaciones 2.3.6, 2.3.7 y 2.3.8 vistas anteriormente, se obtiene una $\sigma_{equivalente} = 151$ MPa. Se puede concluir esta parte del anexo especificando que la sección que se usará para el diseño del mecanismo será SHS 50.3.

E) PANDEO

La barra 3 se encuentra sometida a compresión como muestra la figura 2.3.6, por lo que puede darse el fenómeno conocido como pandeo y hacer que la barra colapse. Para evitar esto se hará un estudio a dicha barra para corroborar que será capaz de soportar las cargas a las que está sometida.

El diseño del mecanismo consta de dos barras idénticas número 3, sobre las cuales se distribuirá la carga de forma uniforme. Debido a ello en lugar de disponer de dos barras con la sección elegida anteriormente (SHS 50.3), se escogerán dos barras RHS 50x25x3 (figura 2.3.7). Al existir un reparto de cargas entre las dos

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

barras, las reacciones que aparecen en el diagrama de la figura 2.3.6 son la mitad de las que se han obtenido.

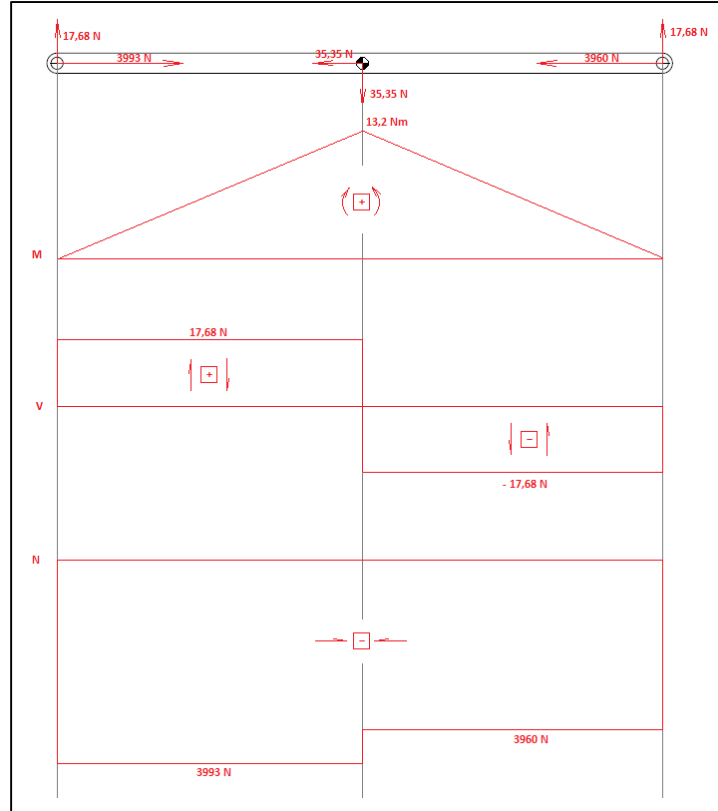


Ilustración 2.3.6 Diagrama de momentos flectores, cortantes y axiales de la barra 3

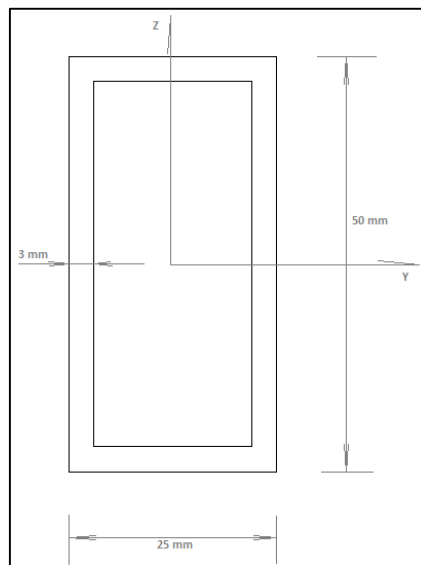


Ilustración 2.3.7 Sección elegida para la barra 3

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

Según la EAE simplificada (Fomento, 2011), para elementos sometidos a compresión, el valor de cálculo del esfuerzo axial de compresión N deberá verificar que:

$$\sigma_p \leq \sigma_y$$

(Fórmula 2.3.9)

$$\frac{N}{\chi \cdot A} + 0,9 \cdot \left(\frac{M}{W_{el}} \right) \leq \frac{f_y}{\gamma_S \cdot \gamma_M}$$

(Fórmula 2.3.10)

Donde χ es el coeficiente de reducción para el modo de pandeo considerado.

Las características principales de la sección elegida son:

- $I_y = 12,55 \text{ cm}^4$
- $W_{el,y} = 5,022 \text{ cm}^3$
- $A = 4,14 \text{ cm}^2$
- $I_z = 3,99 \text{ cm}^4$
- $W_{el,z} = 3,196 \text{ cm}^3$

El coeficiente de reducción (χ) es función de la esbeltez adimensional ($\bar{\lambda}$) y de la curva de pandeo considerada.

La longitud de pandeo se expresa como (Fomento, 2011):

$$L_k = \beta \cdot L$$

(Fórmula 2.3.11)

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

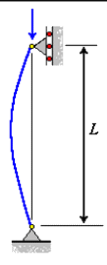
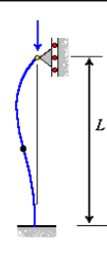
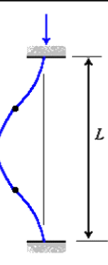
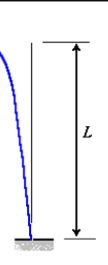
Columna articulada-articulada	Columna empotrada-articulada	Columna empotrada-empotrada	Columna empotrada-libre
			
$L_e = L$ $K = 1$	$L_e = 0.699L$ $K = 0.699$	$L_e = 0.5L$ $K = 0.5$	$L_e = 2L$ $K = 2$

Ilustración 2.3.8 Coeficientes de longitud de pandeo (Berrocal, 1998)

Donde β considera las condiciones de sujeción en cada eje. En el caso de estudio, para el eje 'y' β será igual a 1, mientras que para el eje 'z', β tendrá el valor de 0,5. Teniendo en cuenta estos factores se pueden calcular las longitudes de pandeo en cada eje:

$$L_y = 1 \cdot 150 = 150 \text{ cm}$$

$$L_z = 0,5 \cdot 150 = 75 \text{ cm}$$

Para determinar la esbeltez adimensional, debe calcularse la esbeltez mecánica, la cual dependerá del radio de giro (i):

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{12,55}{4,14}} = 1,74$$

(Fórmula 2.3.12)

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = \sqrt{\frac{3,99}{4,14}} = 0,982$$

(Fórmula 2.3.13)

$$\lambda_y = \frac{L_y}{i_y} = \frac{150}{1,74} = 86,2$$

(Fórmula 2.3.14)

$$\lambda_z = \frac{L_z}{i_z} = \frac{75}{0,982} = 76,4$$

(Fórmula 2.3.15)

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE
FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

$$\bar{\lambda}_y = \lambda_y \cdot \sqrt{\frac{f_y}{\pi^2 \cdot E}} = 86,2 \cdot \sqrt{\frac{275}{\pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5}} = 0,993$$

(Fórmula 2.3.16)

$$\bar{\lambda}_z = \lambda_z \cdot \sqrt{\frac{f_y}{\pi^2 \cdot E}} = 76,4 \cdot \sqrt{\frac{275}{\pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5}} = 0,88$$

(Fórmula 2.3.17)

Ya se puede obtener el coeficiente de reducción mencionado en la ecuación 2.3.10, sabiendo que se trata de un perfil conformado en frío, la curva de pandeo será de tipo 'c' (Fomento, 2011):

$$\chi_y = 0,5421$$

$$\chi_z = 0,6051$$

Aplicando el criterio visto se llega para ambos planos a los siguientes resultados:

$$\sigma_{yp} = \frac{3993}{0,5421 \cdot 414} + 0,9 \cdot \left(\frac{13200}{5022} \right) \leq \frac{275}{1,5 \cdot 1,05} \quad \rightarrow \quad 20,2 \leq 174,6$$

(Fórmula 2.3.18)

$$\sigma_{zp} = \frac{3993}{0,6051 \cdot 414} \leq \frac{275}{1,5 \cdot 1,05} \quad \rightarrow \quad 15,94 \leq 174,6$$

(Fórmula 2.3.19)

Como muestran las ecuaciones 2.3.18 y 2.3.19, la barra 3 cumple la condición de pandeo, por lo que el perfil RHS 50x25x3 seleccionado para el diseño del mecanismo es válido.

2.4. Anexo 4. Cálculo de los cilindros hidráulicos

El sistema de recolección consta de una serie de cilindros hidráulicos encargados de realizar las labores de posicionamiento del brazo, para que el operario pueda controlarlo desde la cabina del vehículo sin realizar ningún esfuerzo físico.

A) CILINDRO DE EXTENSIÓN Y COMPRESIÓN HIDRÁULICO

Para la elección de este cilindro hidráulico (figura 2.4.1), es necesario primeramente haber realizado el estudio cinemático y dinámico del mecanismo en su conjunto. Este estudio realizado en los anexos 2 y 3 permite conocer las fuerzas que actuarán en él. Así mismo se debe tener en cuenta la presión oleohidráulica a la que trabajará dicho sistema para garantizar que el vehículo tractor/bomba pueda suministrar la presión necesaria.



Ilustración 2.4.1 Disposición del cilindro

Del anexo 1 se obtiene la carrera que debe tener dicho cilindro para realizar el trabajo para el que ha sido diseñado ($h = 32 \text{ cm}$). Para todos los cálculos realizados al mecanismo se ha empleado una velocidad de extensión/compresión de $0,05 \text{ m/s}$

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

(Roquet, Roquet making moves, 2018), velocidad que se considera óptima para este tipo de cilindros.

Para elegir el cilindro óptimo se deben analizar las tensiones de tracción y compresión que soportará durante su vida útil. De la figura 2.4.2 se desprende que $F_{compresión} > F_{tracción}$ ya que a la misma presión, en la tracción se tiene menor superficie.

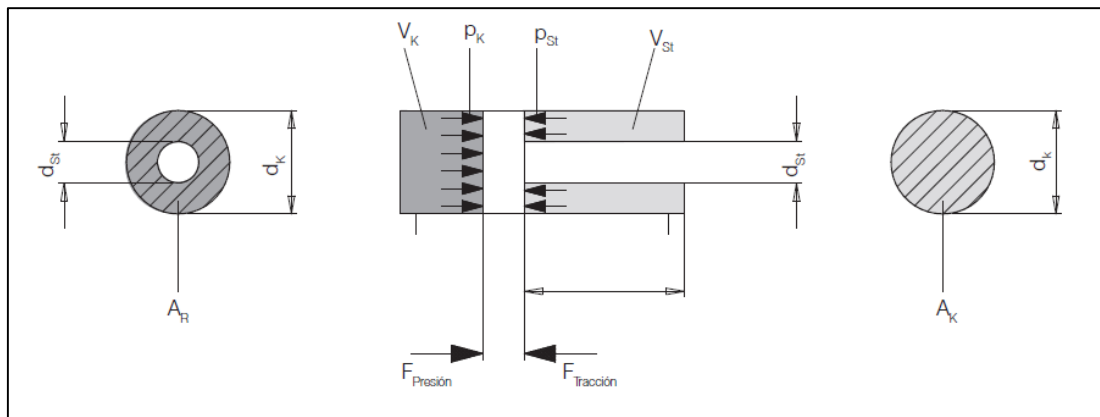


Ilustración 2.4.2 Esquema del cilindro de doble efecto

La relación entre la fuerza a compresión y a tracción de estos cilindros hidráulicos tiene un valor aproximado de (ROEMHELD, ROEMHELD, 2018):

$$F_{compresión} \approx 1,6 \cdot F_{tracción}$$

(Fórmula 2.4.1)

Para realizar unos cálculos exactos de la fuerza se debe tener en cuenta las pérdidas de fuerza o de presión existentes, la fuerza de rozamiento de las juntas debe superarse continuamente. Un valor típico para la pérdida de presión al arrancar se encuentra entre 3 y 6 bares (ROEMHELD, ROEMHELD, 2018). La fuerza útil que debe superar el cilindro será, por tanto:

$$F_{util} = F_{comp-tracc} + F_{roz}$$

(Fórmula 2.4.2)

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

En el anexo 3 se ha obtenido que el brazo debe soportar una fuerza de tracción de aproximadamente 3 kN, por lo que teniendo en cuenta la ecuación 2.4.1 la fuerza de compresión tendrá un valor de 4,8 kN. Se ha elegido un diámetro de pistón normalizado de valor 50 mm ($d_k = 5 \text{ cm}$) y teniendo en cuenta la superficie de rozamiento, se obtiene una fuerza de rozamiento al arranque de 1,4 kN. Aplicando la ecuación 2.4.2 se ha obtenido una fuerza útil de compresión de 6,2 kN y de tracción de 4,4 kN.

De la ecuación 2.4.3 se puede despejar el término de la presión de trabajo y obtener su valor.

$$F_{compresión}[kN] = \frac{p_k[bar] \cdot \pi \cdot d_k^2[cm^2]}{400}$$

(Fórmula 2.4.3)

$$p_k = 31,6 \text{ bar}$$

El cilindro se alimenta con la misma bomba, por lo que se tiene que $p_k = p_{st}$, despejando de la ecuación 2.4.4 se obtiene el diámetro del vástago (d_{st}).

$$F_{tracción}[kN] = \frac{p_{st}[bar] \cdot \pi \cdot (d_k^2 - d_{st}^2)[cm^2]}{400}$$

(Fórmula 2.4.4)

Se obtiene un diámetro del vástago de valor 2,7 cm.

Para determinar el caudal de aceite que es necesario ingresar en el cilindro para provocar el movimiento requerido, se hará uso de la ecuación 2.4.5.

$$Q = v \cdot A$$

(Fórmula 2.4.5)

Donde:

- v , velocidad de extensión y compresión
- A , área de presión en la extensión/compresión

Se necesita un caudal mayor cuando el cilindro se extiende, esto es debido a que, al mantener la velocidad constante tanto para el movimiento de extensión como de compresión, la superficie de extensión es mayor por lo que el caudal también lo

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

es. Se calculará el caudal para este caso ya que es el más restrictivo. En primer lugar se ha calculado el área A_k .

$$A_k = \frac{\pi}{4} \cdot d_k^2 = 19,64 \text{ cm}^2$$

(Fórmula 2.4.6)

Aplicando la ecuación 2.4.5 se obtiene que el valor de caudal máximo es $Q_{m\acute{a}x} = 98,2 \text{ cm}^3/s$. Una característica importante a tener en cuenta es el espacio donde irá encajado el cilindro, para que el cilindro pueda realizar libremente sus movimientos no debe superar la longitud comprimido de 54 cm.

B) CILINDROS DE POSICIONAMIENTO DEL CABEZAL

Para permitir que el cabezal de aspiración salve posibles obstáculos del terreno, es necesario dotar a este de una serie de cilindros. Estos permitirán mediante sensores que se extiendan o compriman para así mantener siempre el cabezal horizontal al suelo (figura 2.4.3).

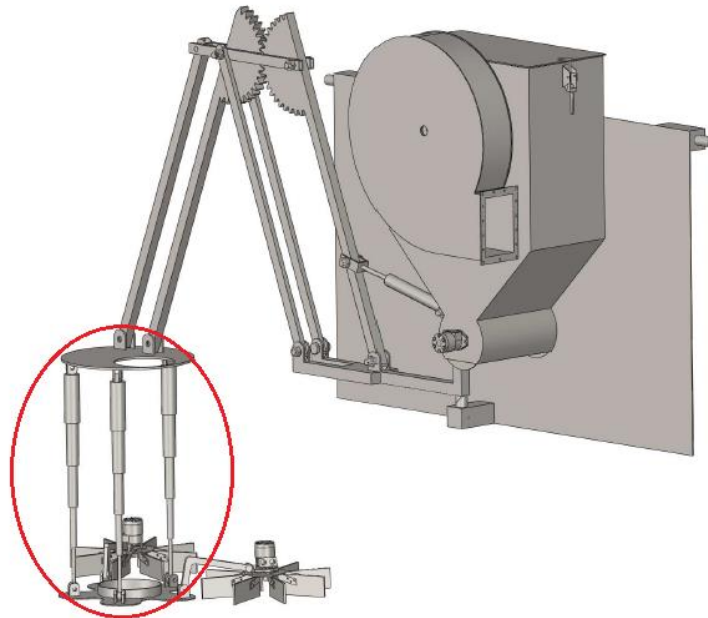


Ilustración 2.4.3 Esquema de los cilindros de posicionamiento

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

Tres cilindros definirán el plano del cabezal, por lo que siendo conocido el peso de este y aplicando un coeficiente de mayoración para tener en cuenta el tubo de aspiración y las reacciones que aparecen debidas a la succión, se obtiene:

$$F_{cilindro} = \frac{P_{cabezal} \cdot g \cdot \gamma_M}{3} = \frac{72 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 3}{3} = 706,32 \text{ N}$$

(Fórmula 2.4.7)

Hay que tener en cuenta la altura media a la que se encuentra el brazo con respecto al suelo para poder definir las dimensiones de los cilindros. El brazo estará sujeto a la parte de atrás del remolque, por lo que sabiendo la altura a la que se encuentra el remolque con respecto al suelo, es posible conocer las dimensiones del cilindro.

Un remolque convencional posee una altura de aproximadamente 90 cm, por lo que el requisito principal de estos cilindros es que sean lo más compactos posibles para que en el transporte, el cabezal disponga de una altura suficiente y que dispongan de una amplia carrera para llegar al suelo sin ningún tipo de problema. Por otro lado, también deben soportar la fuerza necesaria calculada en la ecuación 2.4.7. Se ha recogido en la tabla 2.4.1 las características que deben tener los cilindros.

$F_{cilindro}$ (N)	706,32
LONGITUD MÍNIMA (mm)	<400
LONGITUD MÁXIMA (mm)	>1200
CARRERA MÍNIMA (mm)	800

Tabla 2.4.1 Características de los cilindros de posicionamiento

De la tabla 2.4.1 se extrae que un cilindro convencional no podrá realizar dicha operación. El motivo es que la carrera requerida de 800 mm es mucho mayor que la longitud mínima de este cuando el cilindro se encuentra comprimido (400 mm), por lo que habrá que recurrir a cilindros telescópicos para el diseño del cabezal.

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

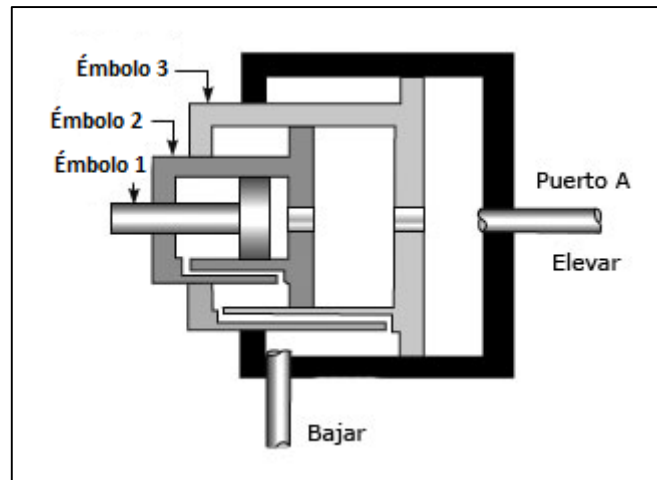


Ilustración 2.4.4 Esquema de un cilindro telescópico

De los diferentes fabricantes se obtiene que, en cada expansión, la camisa del cilindro decrementa su diámetro en 15 mm (CICROSA, 2018). Por ello se calculará la sección mínima que aguanta el embolo 1 de la figura 2.4.4, ya que es el más restrictivo.

$$\sigma_{tracción} = \frac{N}{A}$$

(Fórmula 2.4.8)

Sabiendo que el límite elástico del material con el que están hechos los cilindros es de $\sigma_{el} = 470 MP$ (CICROSA, 2018). Despejando de la ecuación 2.4.8 el área mínima que soportará la fuerza será de 1,5 mm², sección muy pequeña para este tipo de sistemas, por lo que se escogerá la sección mínima con la que el fabricante trabaja ($\phi = 16 mm$) (ROEMHELD, ROEMHELD, 2018). A partir de aquí, el diámetro de cada expansión será:

DIÁMETRO ÉMBOLO 1 (mm)	16
DIÁMETRO ÉMBOLO 2 (mm)	31
DIÁMETRO ÉMBOLO 3 (mm)	46
DIÁMETRO ÉMBOLO 4 (mm)	61
DIÁMETRO ÉMBOLO 5 (mm)	76

Tabla 2.4.2 Diámetro para cada expansión

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

Para obtener el número mínimo de expansiones que debe tener el cilindro, se divide la carrera mínima entre la longitud mínima de la tabla 2.4.1, obteniendo que el número mínimo de expansiones debe ser 2. El diámetro máximo final tendrá un valor entre 46 y 61 mm.

Haciendo una estimación con los datos obtenidos de la presión necesaria, se obtiene despejando de la ecuación 2.4.4 la presión para cada expansión. Estos valores se muestran en la tabla 2.4.3. El diseño consta de 3 cilindros telescópicos.

EXPANSIÓN	PRESIÓN (bar)
EXPANSIÓN 1	12,75
EXPANSIÓN 2	7,79
EXPANSIÓN 3	5,6
EXPANSIÓN 4	4,37

Tabla 2.4.3 Presión que requiere cada expansión

C) CONCLUSIONES

En este anexo se han estudiado los tipos de cilindros que debe presentar el diseño final, así como algunas de sus propiedades, sobre todo geométricas que deben disponer para satisfacer todas las funciones para las que han sido calculados.

2.5. Anexo 5. Cálculo de los cepillos

En este anexo se va a esclarecer el tipo de cepillo que se usará para el diseño que aquí se está desarrollando. También se va a determinar la potencia y el régimen de giro del motor hidráulico que se usará para llevar a cabo la acción de barrido del fruto.

A) TIPO DE CEPILLO ESCOGIDO

El diseño consta de dos cepillos barredores de eje vertical dispuestos a ambos lados del cabezal de aspiración que se encargan de hacer que el área de aspiración aumente considerablemente. De esta manera el usuario no tiene que preocuparse de extender o contraer el brazo para encarar la hilera de frutos depositados en el suelo.

Existen dos tipos de cepillos, llamados de copa por su forma. Los que utilizan sus escobillas de polipropileno o nylon (figura 2.5.1) y los que tienen como escobillas láminas de goma (figura 2.5.2).



Ilustración 2.5.1 Cepillo de copa con escobillas de polipropileno (IMOPSI, 2018)



Ilustración 2.5.2 Cepillo con escobillas de goma (Garriga, Industrias Garriga , 2018)

Basándose en experiencias anteriores, en la agricultura se utilizan estos últimos ya que son más resistentes a la abrasión y ofrecen un mejor barrido en superficies terrosas. Es por ello que para el diseño que aquí se presenta, se utilizará este tipo de cepillos.

B) ELECCIÓN DEL MOTOR HIDRÁULICO

Por otra parte, para la elección del motor hidráulico, es necesario saber el peso del que dispondrá todo el sistema para conocer las fuerzas que debe vencer. El diseño se realizará en SolidWorks para extraer el peso de las piezas que integran el conjunto del diseño por separado.

El peso de la goma (figura 2.5.3), la cual se trata de un caucho sintético que mantiene la flexibilidad en un amplio rango de temperaturas, es de 320 gramos. Como el cepillo dispondrá de 8 gomas, el peso total de las gomas será de 2,56 kg.

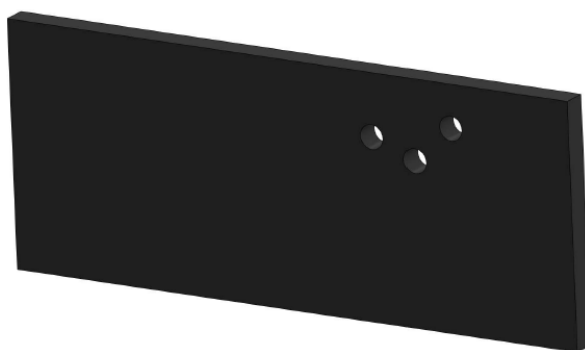


Ilustración 2.5.3 Goma de caucho sintético

Las gomas disponen de un soporte (figura 2.5.4) que, conectado al motor hidráulico, gira y hace girar las gomas solidariamente. Este soporte está construido en acero S275N por lo que su peso es de 2.96 kg.

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

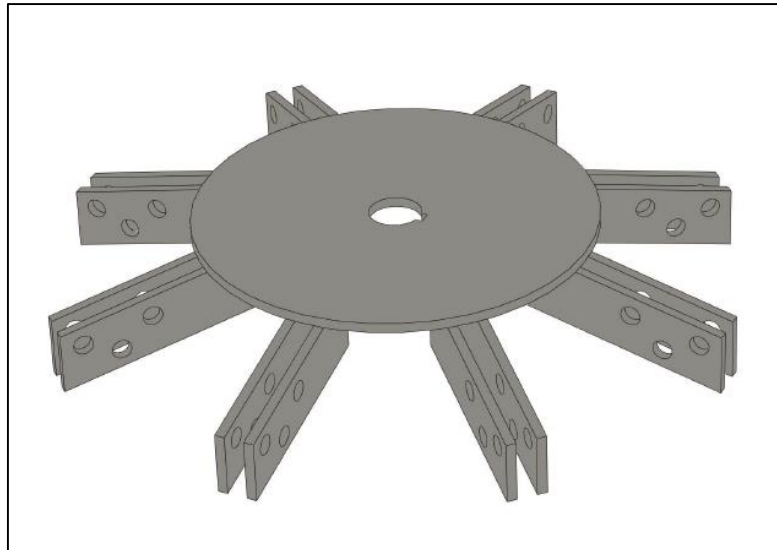


Ilustración 2.5.4 Soporte metálico

Por último, falta conocer el motor hidráulico (figura 2.5.5) del que dispondrá el diseño para concretar el peso final del cepillo completo, para ello, observando en barredoras convencionales qué tipo de motor emplean, se escogerá inicialmente un motor de un peso de 7 kg. Cuando se haya determinado el motor que utilizará realmente este diseño, dependiendo de si el peso sea mayor o menor a 7 kg, se volverá a dimensionar el motor.



Ilustración 2.5.5 Motor hidráulico orbital

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE
FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

En la tabla 2.5.1, a modo de resumen, se presentan todos los pesos y el peso total del sistema de barrido, así como un peso extra de un 5% referido a la tornillería perteneciente al diseño.

PIEZA	PESO (kg)	Nº PIEZAS	PESO TOTAL (kg)
Goma	0.32	8	2.56
Soporte	2.96	1	2.96
Motor	7	1	7
Tornillería	-	-	0.63
Total			13.15

Tabla 2.5.1 Resumen del peso del cepillo

El peso total que se ha obtenido es el que será arrastrado por el suelo, por lo que con ese peso se hallará la fuerza que debe vencer el motor orbital para poder moverse a unas determinadas revoluciones. De la tabla 2.5.2 se obtiene el coeficiente de rozamiento dinámico que existe entre el suelo y la goma ($\mu_{dinámico} = 0,4$).

MATERIAL 1	MATERIAL 2	$\mu_{ESTÁTICO}$	$\mu_{DINÁMICO}$	$\mu_{RODADURA}$
Neumático viejo	Asfalto seco		0,4 – 0,6	
Neumático viejo	Asfalto mojado		0,3 – 0,4	
Neumático nuevo	Asfalto seco		0,7 – 0,9	
Neumático nuevo	Asfalto mojado		0,4 – 0,6	
Neumático viejo	Hormigón seco		0,4 – 0,6	
Neumático viejo	Hormigón mojado		0,3 – 0,4	
Neumático nuevo	Hormigón seco		0,7 – 0,9	
Neumático nuevo	Hormigón mojado		0,4 – 0,6	
Neumático viejo	Barro		0,1	
Neumático nuevo	Barro		0,2	

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE
FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

Neumático viejo	Tierra dura		0,3	
Neumático nuevo	Tierra dura		0,4	
Neumático viejo	Hielo		0,08	
Neumático nuevo	Hielo		0,1	
Metal (carrocería)	Asfalto		0,2-0,5 media 0,4	
Metal (carrocería)	Hormigón		0,2 – 0,4	
Metal (carrocería)	Barro-tierra		0,2 – 0,5	
Metal (carrocería)	Hielo		0,07 – 0,2	

Tabla 2.5.2 Coeficientes de rozamiento dinámicos (N. I., 1975)

La fuerza de rozamiento obtenida para el cepillo será:

$$F_{roz} = F_N \cdot \mu_{dinámico} = 131.5 \cdot 0.4 = 52.6 \text{ N}$$

(Fórmula 2.5.1)

Con esta fuerza y considerando que se aplica en el centro de la goma como muestra la figura 2.5.6 el par del que debe disponer el motor es de:

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

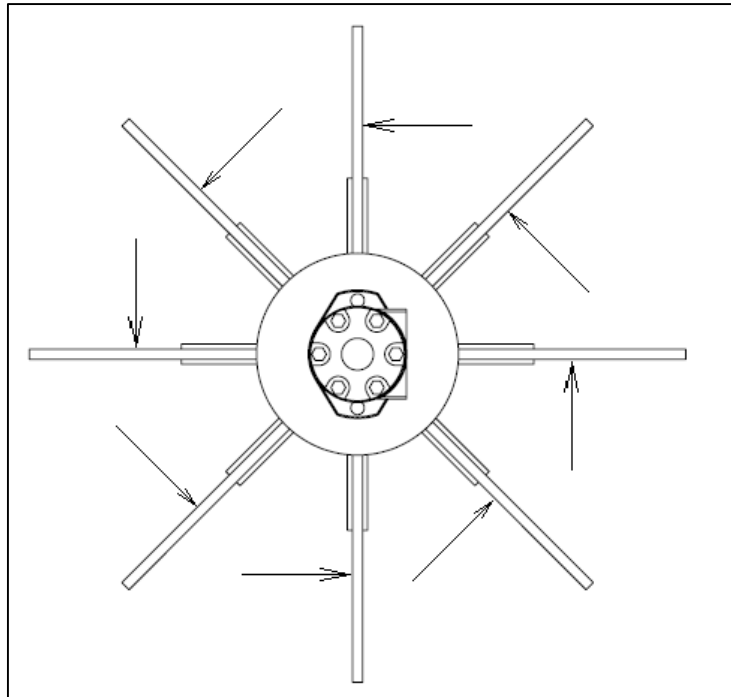


Ilustración 2.5.6 Distribución de fuerzas en las gomas

$$M = F_{roz} \cdot r = 52.6 \cdot 0.2 = 10.52 \text{ Nm}$$

(Fórmula 2.5.2)

Donde 'r' indica la distancia desde el punto de aplicación de la fuerza hasta el eje del motor.

A su vez, el régimen de giro al que trabajan este tipo de cepillos es de 0 – 165 rpm por lo que la potencia necesaria mínima del motor ha de ser:

$$P = M \cdot \omega = 10.52 \text{ Nm} \cdot 17.28 \text{ rad/s} = 181.8 \text{ W}$$

(Fórmula 2.5.3)

El siguiente paso es, a partir de la potencia que se ha obtenido, determinar que motor es el idóneo para este diseño. Cualquier motor orbital que exista en el mercado es válido ya que todos presentan potencias superiores a la obtenida, pero hay que tener en cuenta las características de cada motor para seleccionar el óptimo. La figura 2.5.7 muestra el punto de funcionamiento del diseño para dos motores diferentes (el más pequeño de la gama y el más alto). Se observa que, para el motor más pequeño el caudal de aceite que lo debe atravesar es de 5 l/min, y como se adivina en figura 2.5.8, los rangos de operación de una bomba de tractor

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

convencional son muy superiores. Así mismo, en el motor más grande de la gama, los caudales están próximos al caudal máximo de la bomba del tractor, por lo que no es conveniente ya que el caudal se destinaría únicamente a mover los cepillos impidiendo así realizar otras operaciones hidráulicas.

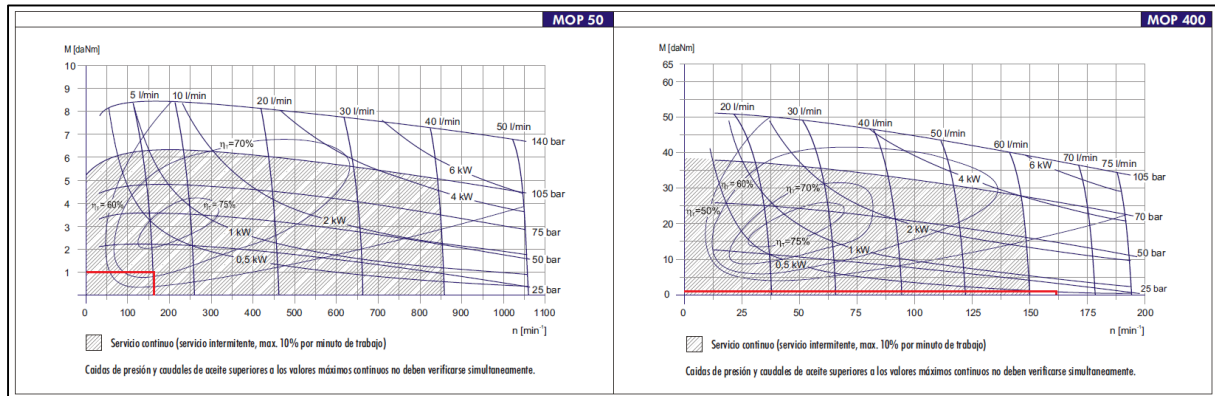


Ilustración 2.5.7 Curvas de funcionamiento del motor orbital, a la izquierda el de gama inferior y a la derecha el de gama superior (Oleohidráulica, 2018)

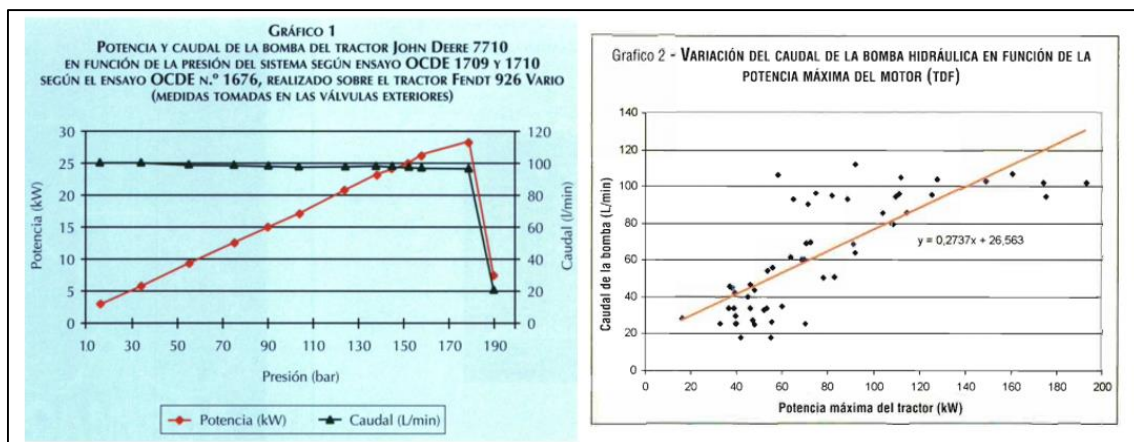


Ilustración 2.5.8 Potencia y caudal de una bomba de tractor convencional (Deere, 2018)

Para concluir con este anexo se buscará un motor que trabaje con un caudal hidráulico próximo a los valores mencionados anteriormente. También se buscará que desarrolle la potencia suficiente a la velocidad necesaria para acometer el trabajo para el que ha sido diseñado. Este motor será el modelo MOP 160 de aproximadamente 6.7 kg y cuya curva característica se muestra en la figura 2.5.9.

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

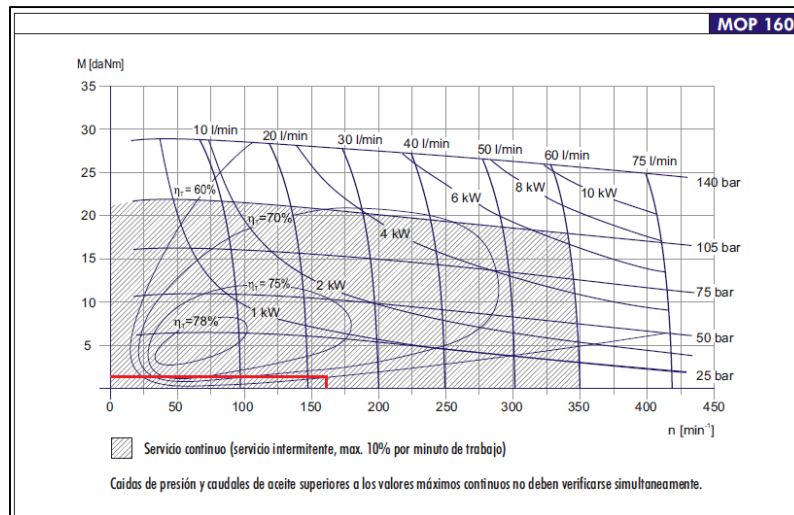


Ilustración 2.5.9 Curva de funcionamiento motor MOP 160 (Oleohidráulica, 2018)

Como el peso no varía en gran medida del estimado inicialmente, (se supuso un peso de 7 kg), se puede concluir con que el peso total del conjunto es el calculado con anterioridad, $P_{total} = 13,15 \text{ kg}$ y que los cálculos realizados son correctos.

2.6. Anexo 6. Cálculo del sistema de engranajes

En este apartado se van a estudiar y definir el tipo de engranaje necesario para el diseño que se propone. El diseño del mecanismo consta de una serie de engranajes que transmiten el movimiento desde el cilindro principal hasta el cabezal a través de unas barras soldadas a ellos (figura 2.6.1).

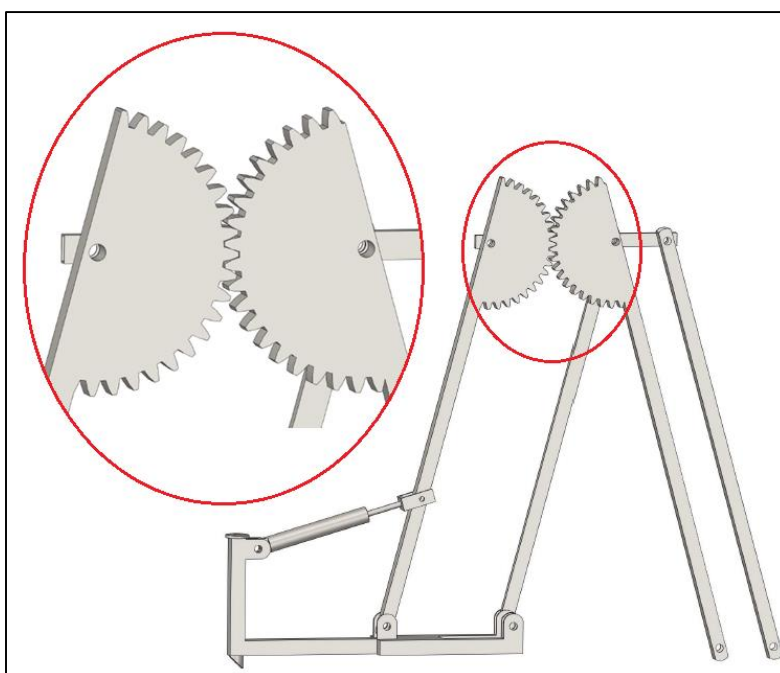


Ilustración 2.6.1 Disposición del engranaje en el mecanismo

A) RADIO DE PASO

Para la elección de este engranaje hay que tener en cuenta algunas características definidas por el mecanismo en sí. La barra 5 definida en el anexo 1, condiciona el radio de paso del engranaje, que será la mitad de la longitud de esta barra ($r_g = 25 \text{ cm}$).

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

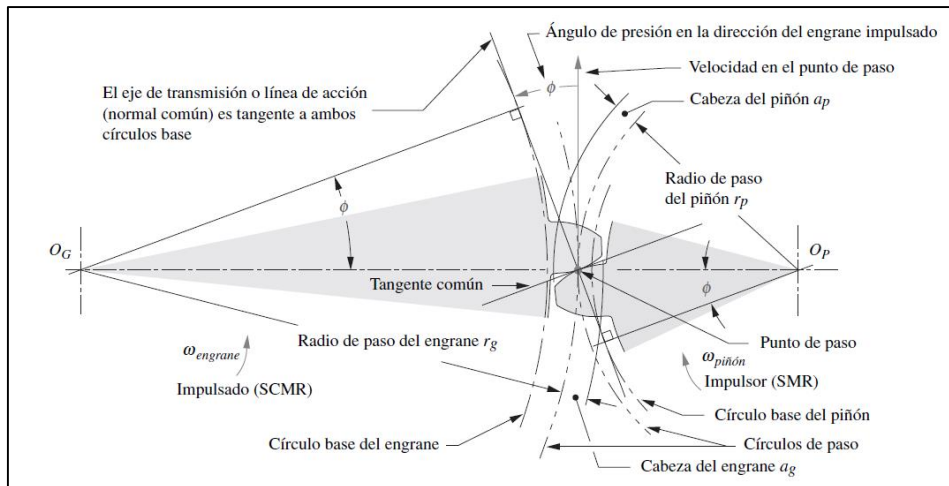


Ilustración 2.6.2 Geometría del contacto y ángulo de presión de dientes de engrane de involuta (Budynas, 2012)

B) ÁNGULO DE PRESIÓN

El ángulo de presión se define como el ángulo entre el eje de transmisión y la dirección de la velocidad en el punto de paso. Los ángulos de presión son estandarizados en unos determinados valores por los fabricantes de engranajes. Definen la distancia entre centros nominales del engranaje fresado. Los valores estándar son 14,5°, 20° y 25°, siendo el de 20° el más utilizado (Budynas, 2012). Se establece por tanto un ángulo de presión de 20°.

C) ANCHURA DE LA CARA

En el anexo 3 se ha obtenido que la barra que contiene al engranaje debe tener una sección SHS 50.3, por lo que la anchura de la cara del engranaje debe tener 50 mm de espesor para encajar con la barra que lo contiene.

D) MÓDULO

El sistema SI, utilizado para engranajes métricos, define un parámetro llamado módulo, el cual es el recíproco del paso diametral con el diámetro de paso medido en milímetros. La ecuación 2.6.1 define este parámetro:

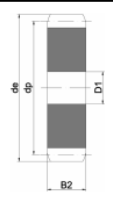
$$m = \frac{2 \cdot r_g}{Z}$$

(Fórmula 2.6.1)

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

Donde 'N' es el número de dientes del engranaje.

La marca Causer tiene un catálogo de engranajes que define el diámetro de paso según la anchura de diente. Con anterioridad se ha definido esta anchura como 50 mm. Con este valor se ha buscado en el catálogo el diámetro de paso necesario y a partir de él el número de dientes del engranaje.



Ancho diente "B" Tooth width "B"	mm.
M 1	15mm
M 1,5	17mm
M 2	20mm
M 2,5	25mm
M 3	30mm
M 4	40mm
M 5	50mm
M 6	60mm

Z	Módulo "M3" Diametral pitch "M3"			Módulo "M4" Diametral pitch "M4"			Módulo "M5" Diametral pitch "M5"			Módulo "M6" Diametral pitch "M6"		
	d _e	d _p	D1	d _e	d _p	D1	d _e	d _p	D1	d _e	d _p	D1
28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	180	168	25
30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	192	180	25
32	-	-	-	-	-	-	170	160	25	204	192	25
35	-	-	-	-	-	-	185	175	25	222	210	25
38	-	-	-	160	152	25	200	190	30	240	228	25
40	-	-	-	168	160	25	210	200	30	252	240	25
45	-	-	-	188	180	25	235	225	30	-	-	-
48	-	-	-	200	192	25	250	24	30	-	-	-
50	156	150	25	208	200	25	260	250	30	-	-	-
52	162	156	25	216	208	25	270	260	30	-	-	-
55	171	165	25	228	220	25	285	275	30	-	-	-
57	177	171	25	236	228	25	295	285	30	-	-	-
60	186	180	25	248	240	25	310	300	30	-	-	-
65	201	195	25	268	260	25	335	325	30	-	-	-
70	216	210	25	288	280	25	360	350	30	-	-	-
72	222	216	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
75	231	225	25	308	300	25	385	375	30	-	-	-
76	234	228	25	312	304	25	390	380	30	-	-	-
80	246	240	25	328	320	25	410	400	30	-	-	-
85	261	255	25	348	340	25	435	425	30	-	-	-
90	276	270	25	368	360	25	460	450	30	-	-	-
95	291	285	25	388	380	25	485	475	30	-	-	-
100	306	300	25	408	400	25	510	500	30	-	-	-
110	336	330	25	448	440	25	560	550	30	-	-	-
114	348	342	25	464	456	25	580	570	30	-	-	-
120	366	360	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
127	387	381	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Ilustración 2.6.3 Catálogo de engranajes (CAUSER, 2018)

Se observa que el diámetro de paso (d_p) coincide con el engranaje que nos concierne. Para este diámetro se observa que el número de dientes del engranaje ha de ser $Z = 100$. Obtenido el número de dientes, es posible determinar el módulo del engranaje con la ecuación 2.6.1.

$$m = \frac{2 \cdot 250}{100} = 5$$

(Fórmula 2.6.2)

E) CONCLUSIONES

Existen en el mecanismo dos engranajes idénticos engranados uno a otro e integrados a su vez a las barras 2 y 4 como muestra la figura 2.6.1. Se trata de engranajes de dientes rectos definidos principalmente por su diámetro de paso ($d_p =$

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

500 *mm*) y su módulo ($m = 5$). Estos engranajes aparecen en el diseño partidos, ya que, con el afán de aligerar peso, se prescinde de la parte de estos que no tiene utilidad.

2.7. Anexo 7. Cálculo del sistema de aspiración

El sistema de aspiración consta de una turbina que se encargará de realizar el vacío necesario en el interior de un cajón para, a través de un tubo conectado desde el cabezal de aspiración hasta él, captar el fruto e ingresarlo en el cajón. El fruto será expulsado del cajón por gravedad mediante un sistema de cazo rotativo. Se van a estudiar a continuación los elementos necesarios para llevar a cabo este proceso.

A) TUBO DE ASPIRACIÓN

La manguera de aspiración elegida es la que se utiliza normalmente para este tipo de barredoras (figura 2.7.1). Se trata de una manguera de poliuretano transparente con una espiral de alambre de acero cobreado para reforzarla, usadas también para humos, suciedad, arena o materiales abrasivos (ManguerFLEX, s.f.). El diámetro exterior de la misma es de 300 mm, se ha tomado la de mayor diámetro para tener más capacidad de succión.

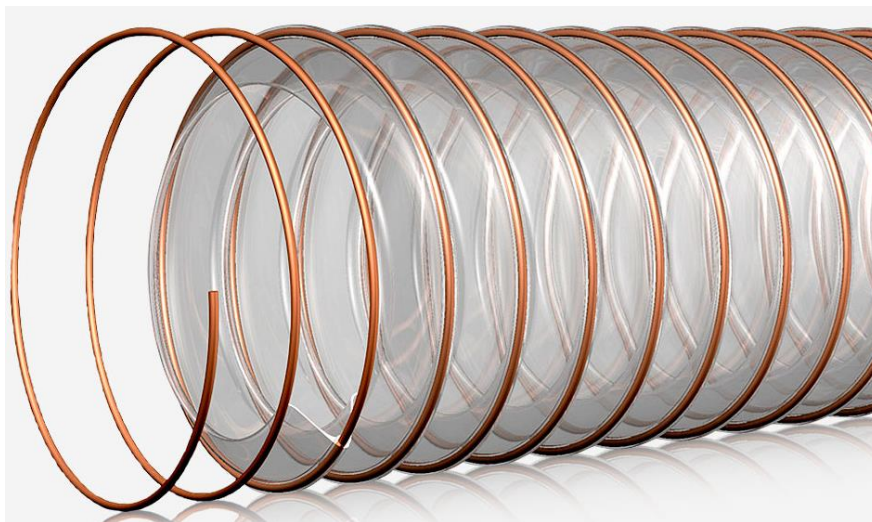


Ilustración 2.7.1 Manguera de aspiración (ManguerFLEX, s.f.)

B) TURBINA

Los ventiladores de alta capacidad se dividen en:

- Axiales: el aire entra y sale del ventilador siguiendo una trayectoria paralela al eje de la hélice.
- Centrífgos: consisten en un rotor encerrado en una envolvente de forma espiral. El aire entra por el ojo del rotor, paralelo a la flecha del ventilador, es succionado por el rotor y arrojado contra la envolvente de descarga.

En el caso de estudio, el más conveniente es el de tipo centrífugo, ya que presenta mayor diferencia de presión (ΔP_{Total}) entre la entrada y salida. Esta característica proporciona una mayor succión de fruto. La figura 2.7.2 representa el tipo de turbina elegido.



Ilustración 2.7.2 Tipo de turbine empleada en el diseño (SODECA, 2018)

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

La empresa suministradora garantiza que la turbina se encuentra dinámicamente equilibrada, por lo que solo queda elegir la turbina que garantice una aspiración adecuada.

Normalmente, la velocidad del aire para succionar el fruto en este tipo de máquinas ronda los 20 m/s. Sabiendo que el diámetro del tubo de aspiración tiene un valor máximo de 30 cm, se puede obtener aproximadamente el valor del caudal de aire del que debe disponer la turbina. Se ha hecho uso de la ecuación 2.7.1, en la que A representa el área del tubo de aspiración y v la velocidad del aire a la entrada del tubo.

$$Q = A \cdot v = 1,414 \text{ m}^3/\text{s} \approx 5090 \text{ m}^3/\text{h}$$

(Fórmula 2.7.1)

Este caudal debe ser el que expulse la turbina para provocar la aspiración, por lo que utilizando las curvas características de fabricantes de este tipo de turbinas (Ilustración 2.7.3), se obtiene que lo más adecuado es disponer del modelo CAM-880-40. Para este modelo, trabajando con el caudal deseado, la diferencia de presión entre la entrada y la salida de la turbina asciende a 1000 mm H₂O.

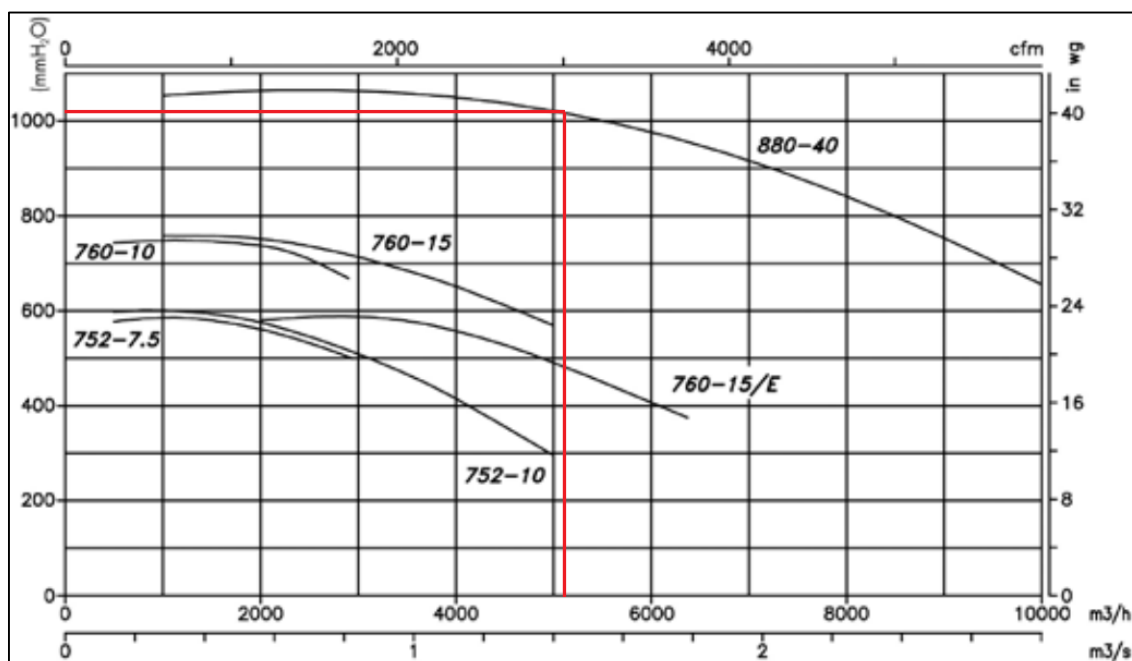


Ilustración 2.7.3 Curvas características de turbinas centrífugas (SODECA, 2018)

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

Interesa que la turbina trabaje a máximo rendimiento para reducir las pérdidas y aprovechar al máximo la fuerza tractora, por lo que en la ilustración 2.7.4 se presentan las características de la turbina en su punto de máxima eficiencia.


 Erp. Características del punto de máxima eficiencia (BEP)										
MC	Categoría de medición				η_e [%]	Eficiencia				
EC	Categoría de eficiencia				N	Grado de eficiencia				
	S	Estática			[kW]	Potencia eléctrica				
	T	Total			[m³/h]	Caudal				
VSD	Variador de velocidad				[mmH₂O]	Presión estática o total (Según EC)				
SR	Relación específica				[RPM]	Velocidad				
Modelo	MC	EC	VSD	SR	η_e [%]	N	(kW)	(m³/h)	(mmH₂O)	(RPM)
CAM-760-2T-10	A	S	NO	1,07	63,6%	64,5	8,304	2900	668,59	2873
CAM-760-2T-15	B	T	NO	1,07	73,4%	73,4	9,913	3751	711,92	2952
CAM-760-2T-15/E	B	T	NO	1,06	71,1%	71,1	10,682	4826	577,67	2948
CAM-880-2T-40	B	T	NO	1,09	72,4%	71,4	27,105	7385	975,29	2950

Ilustración 2.7.4 Características del punto de máxima eficiencia (SODECA, 2018)

Como se mostró anteriormente, el diámetro máximo del tubo de aspiración es de 300 mm, por lo que teniendo en cuenta el caudal nominal, se obtiene una velocidad en la boca de aspiración del tubo igual a:

$$v_{tubo} = \frac{Q}{A_{tubo}} = \frac{2,05 \text{ m}^3/\text{s}}{0,0707 \text{ m}^2} = 29 \text{ m/s}$$

(Fórmula 2.7.2)

La potencia necesaria que debe tener el motor hidráulico que impulse el rodete se calcula como se indica en la fórmula 2.7.3:

$$N = \frac{\Delta P_{Total} \cdot Q}{\eta_e} = \frac{975,29 \cdot 2,05}{0,724} = 2761,5 \text{ kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}} = 27,1 \text{ kW}$$

(Fórmula 2.7.3)

C) MOTOR HIDRÁULICO PARA ACCIONAR LA TURBINA

Las principales premisas, calculadas anteriormente, a las que debe hacer frente el motor hidráulico encargado de accionar la turbina son las siguientes:

POTENCIA	REVOLUCIONES
27,1 KW / 36,3 CV	2950 rpm

Tabla 2.7.1 Características del motor hidráulico

Es conveniente realizar la operación con el menor coste posible, tanto de presión como de caudal de aceite. Para ello, en la figura 2.7.5 se limitará la potencia a 40 CV en la presión disponible más baja, y se elige el motor que para esa potencia y a las revoluciones deseadas satisfaga las premisas definidas en la tabla 2.7.1 (Roquet, Roquet making moves, 2018).

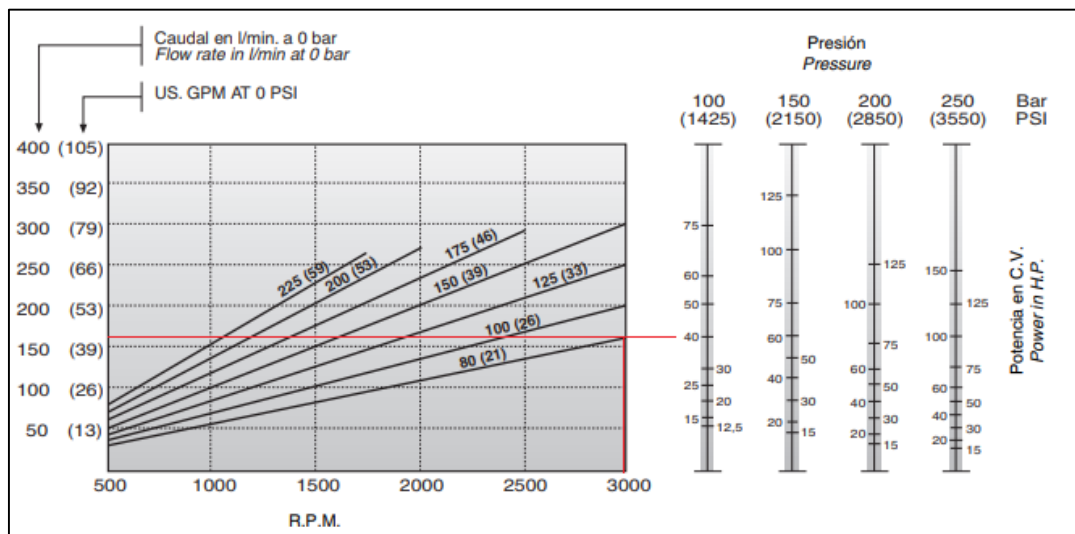


Ilustración 2.7.5 Curvas características de motores hidráulicos PNC (Roquet, Roquet making moves, 2018)

Se elige por tanto el motor 1PNC80DA01M cuyas características están recogidas en la tabla 2.7.2:

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE
FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

CILINDRADA (cm ³ /v)	53,5
CAUDAL A 1500 rpm (l/min)	80
PRESIÓN MÁXIMA (bar)	260
Rpm. MÁXIMAS	3000
CAUDAL A 3000 rpm (l/min)	160
POTENCIA A 3000 rpm (CV)	40

Tabla 2.7.2 Características del motor PNC elegido (Roquet, Roquet making moves, 2018)

D) CAJÓN

Un esquema representativo del cajón se muestra en la figura 2.7.6 Las partes de las que consta son:

- Compartimento 1, en él está instalado el tubo de aspiración por donde se introduce el fruto.
- Compartimento 2, se trata del compartimento donde está instalada la turbina que provocará la succión necesaria. A este compartimento solo accederá el aire limpio, ya que el fruto se deposita en el sistema de extracción por gravedad.

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

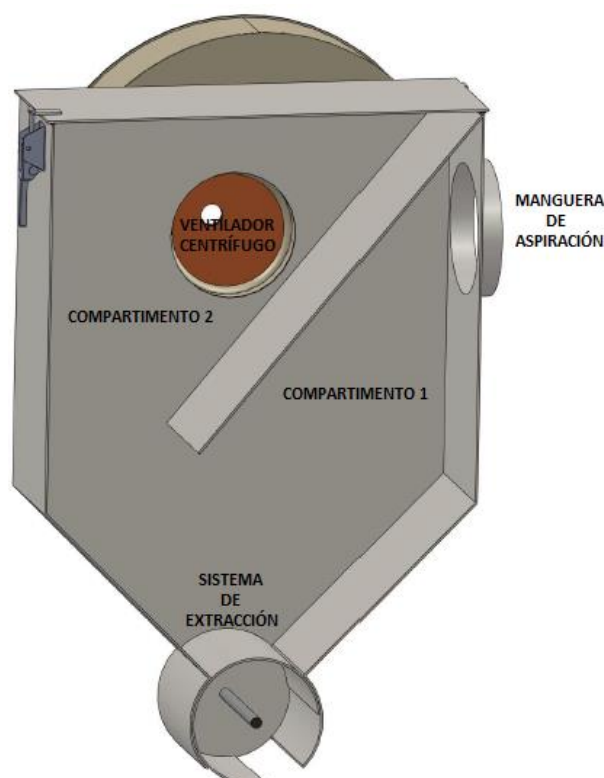


Ilustración 2.7.6 Vista partida del cajón de aspiración

Para conocer que sucede en el interior del cajón de aspiración, se hace uso del programa SimFlow. Este software es de dinámica de fluidos computacional y utiliza la biblioteca de código abierto de OpenFOAM para realizar las simulaciones.

Antes de introducir las condiciones de contorno en el programa, es necesario conocer el tipo de flujo que se va a producir en el interior del cajón. Para ello se utiliza la ecuación 2.7.4 (Fernández Díez, 2008) que proporciona el error relativo cometido al considerar el flujo como incompresible, esta suposición hará que el coste computacional sea menor.

$$\varepsilon_{relativo} = \frac{\Delta(\Delta p)}{\Delta p} = \left(\frac{c}{2 \cdot c_s} \right)^2$$

(Fórmula 2.7.4)

Donde c_s es la velocidad del sonido en el aire, definida como:

$$c_s = \sqrt{\gamma \cdot \frac{R}{M} \cdot T}$$

(Fórmula 2.7.5)

Sabiendo que:

- γ , coeficiente de dilatación adiabático) = 1,4
- R, constante universal de los gases ideales y cuyo valor es $8,314 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 / \text{mol} \cdot \text{K} \cdot \text{s}^2$
- T, temperatura en Kelvin y cuyo valor es 293 K
- M, masa molar del aire igual a $0,029 \text{ kg/mol}$

Sustituyendo estos valores en las ecuaciones 2.7.4 y 2.7.5 queda:

$$c_s = \sqrt{1,4 \cdot \frac{8,314}{0,029} \cdot 293} = 343 \text{ m/s}$$

$$\varepsilon_{relativo} = \frac{\Delta(\Delta p)}{\Delta p} = \left(\frac{c}{2 \cdot c_s} \right)^2 = \left(\frac{29}{2 \cdot 343} \right)^2 \cdot 100 = 0,179 \%$$

Se llega a la conclusión de que el error es tan pequeño que no es necesaria una simulación suponiendo flujo compresible, por lo que directamente se realizará suponiendo flujo incompresible. Los resultados obtenidos de la simulación se muestran en la figura 2.7.7 y 2.7.8.

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

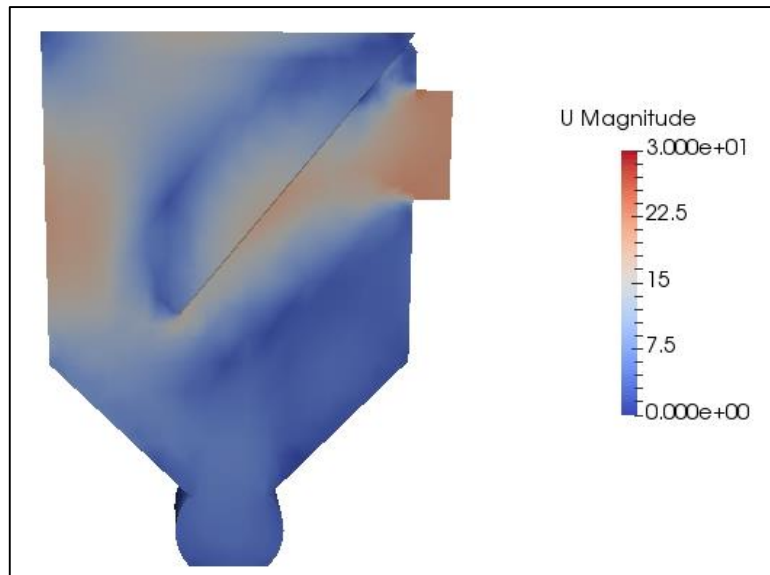


Ilustración 2.7.7 Velocidades en el interior del cajón

Resulta interesante observar en la figura 2.7.7, como a la entrada del cajón la velocidad es elevada. En cambio, a medida que el flujo de aire avanza siguiendo el camino marcado por una pared diagonal, instalada en el interior del cajón, la velocidad se hace nula. Es en este momento en el que el fruto que transporta el aire de aspiración cae por gravedad al fondo del cajón, donde se encuentra el sistema de extracción del fruto.

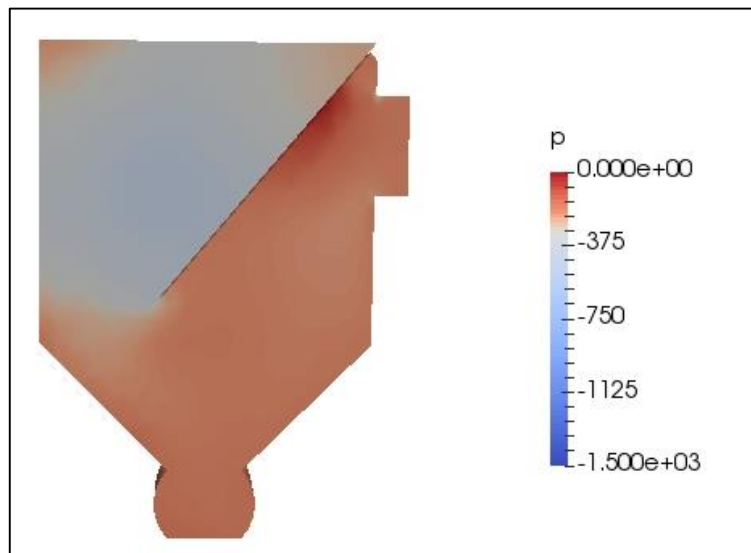


Ilustración 2.7.8 Presión en el interior del cajón

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

En la figura 2.7.8 aparece representada la diferencia de presión entre la entrada y la salida del cajón. Se observa que en el lado donde se encuentra la turbina, la presión se hace negativa, indicando que la succión en ese compartimento es mayor. Por el contrario, en el compartimento donde se encuentra la entrada de aire, la presión tenderá a hacerse nula, provocando esta caída de presión la precipitación del fruto en el fondo del cajón.

E) SISTEMA DE EXTRACCIÓN DEL FRUTO

Para extraer el fruto del cajón, es necesario mantener este cerrado en todo momento para no perder poder de aspiración. Para ello se ha recurrido a un sistema que consta de un cazo que gira por medio de un motor hidráulico en el interior de una envolvente (figura 2.7.9).

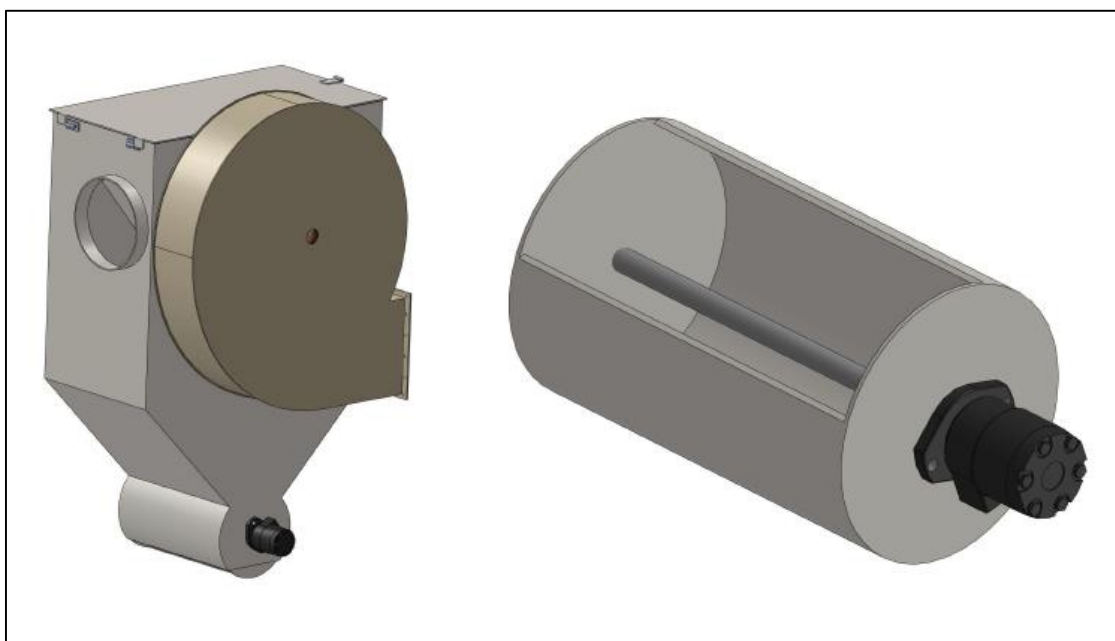


Ilustración 2.7.9 Sistema de extracción

La capacidad de aspiración de este tipo de máquinas es de $3 \text{ m}^3/\text{h}$ (Agarín, Agarín, 2018), y teniendo en cuenta la densidad aparente de cada fruto, por ejemplo de la aceituna [$470 \text{ kg}/\text{m}^3$ valor promedio] , se tiene que la capacidad de aspiración es de $1410 \text{ kg}/\text{h}$.

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

Por otro lado, el volumen del cazo es igual a $7,21 \text{ dm}^3$, lo ideal sería que en el cajón no se acumulara fruto proveniente de la aspiración. Para ello aplicando la ecuación 2.7.6 se obtiene la velocidad a la que el motor debe girar para evacuar todo el fruto depositado en el fondo.

$$\omega_{\text{cazo}} = \frac{3 \text{ m}^3/\text{h}}{0,00721 \text{ dm}^3/\text{rev}} = 416 \text{ rev/h} \approx 7 \text{ rpm}$$

(Fórmula 2.7.6)

Los motores hidráulicos más pequeños de la gama giran a una velocidad nominal de 1500 rpm (Roquet, Roquet making moves, 2018), consumiendo un caudal de aceite de 0,5 l/min, por lo que es necesario instalar un reductor de velocidad para adaptar el giro del motor al giro del cazo. En la figura 2.7.10 se tienen las características del motor hidráulico.

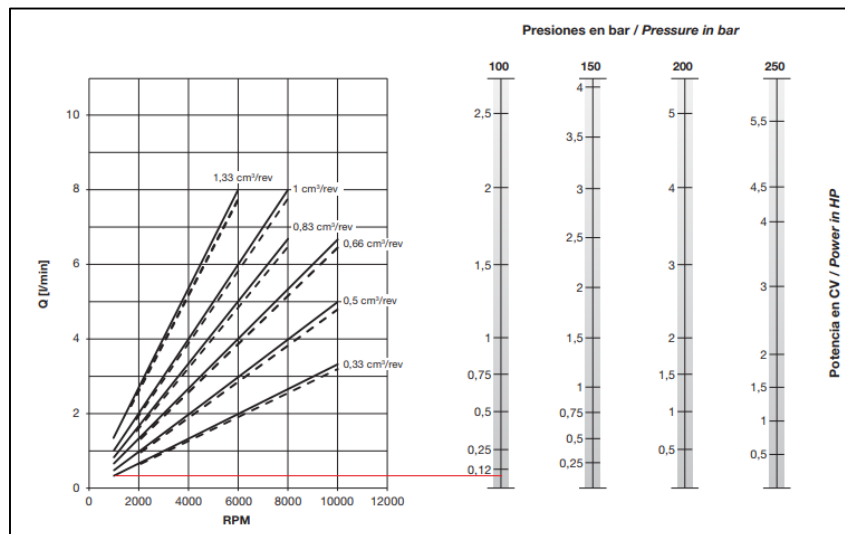


Ilustración 2.7.10 Curvas características M (Roquet, Roquet making moves, 2018)

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE
FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

Se elige por tanto el motor 1M0,5DF09R con las siguientes características:

CILINDRADA (cm ³ /v)	0,33
CAUDAL A 1500 rpm (l/min)	0,5
PRESIÓN MÁXIMA (bar)	225
Rpm MÍNIMA	1500

Tabla 2.7.3 Características del motor M elegido

F) CONCLUSIONES

Se obtiene finalmente el siguiente cuadro de componentes comerciales que integran el conjunto de aspiración.

	MODELO	rpm	POTENCIA (CV)	CAUDAL (l/min)	PRESIÓN (bar)
TURBINA	CAM 880-40	2940	36,3	-	-
MOTOR HIDRÁULICO PNC	1PNC30DA01M	300	40	160	100
MOTOR HIDRÁULICO M	1M0, 5DF009R	1500	0,1	0,5	100

Tabla 2.7.4 Características del motor M elegido

El sistema de aspiración incluye también la manguera de 300 mm de diámetro y el cajón aspirador con los compartimentos vistos anteriormente.

2.8. Anexo 8. Cálculos referentes a los pasadores

El diseño del mecanismo dispone de una serie de juntas que se encargan de mantener unido todo el sistema para su correcto funcionamiento. Es habitual emplear bulones de acero para enlazar o unir piezas entre sí, ya que su geometría cilíndrica y su sección llena, facilitan enormemente las labores de montaje.

El bulón debe quedar dispuesto de tal forma que permita el giro relativo entre las piezas que enlaza, para ello, se dispondrá de unos casquillos de material resistente a la corrosión, tal como bronce, entre el bulón y las piezas a unir.

En este apartado se van a estudiar estas uniones, calculando las dimensiones de las mismas y comprobando que cumplan las restricciones que marque su funcionamiento.

A) BASES DE CÁLCULO

Existe en el mecanismo un total de 6 uniones, con diferentes longitudes transversales cada una según el número de barras que enlace. En la siguiente tabla se engloban las longitudes de cada bulón con su respectiva fuerza a la que está sometido. Los valores de las fuerzas se han calculado en el anexo 3.

Nº DE JUNTA	FUERZA ($F_{E,b}$) (N)	LONGITUD ÚTIL (mm)
JUNTA 1	4485,65	56
JUNTA 2	2 x 3992,62	2 x 31
JUNTA 3	7152,09	100
JUNTA 4 Y 5	5803,54	150
JUNTA 6	2901,33	56
JUNTA 7	2901,33	70

Tabla 2.8.1 Esfuerzos en cada una de las juntas

B) CÁLCULO DE COMPROBACIÓN DE LA RESISTENCIA DE BULONES

Se calculará el esfuerzo a cortante en cada uno de los bulones de que se dispongan, así como el momento flector, y finalmente se considerará la acción conjunta de cada bulón (Rodríguez Galbarro, 2018).

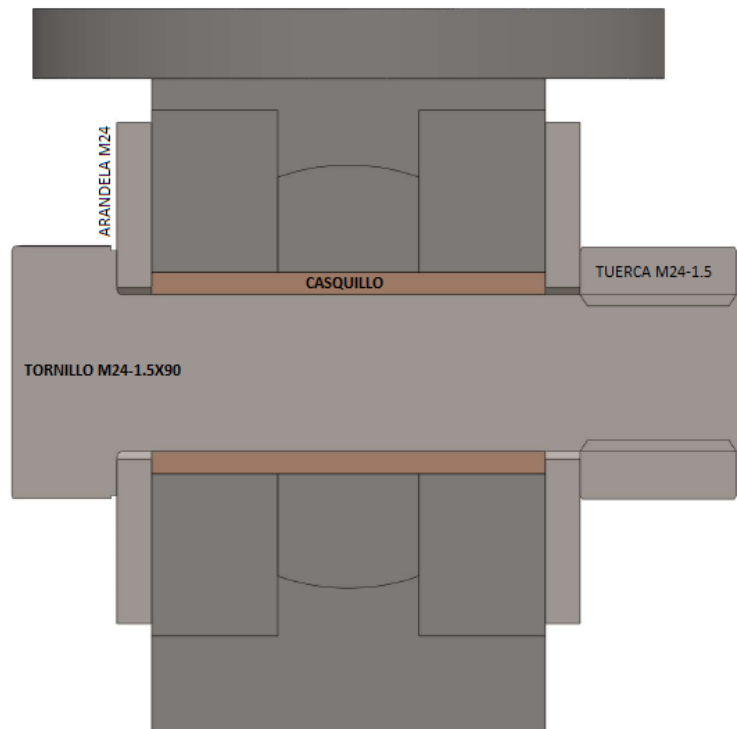


Ilustración 2.8.1 Tipo de junta que aparece en el diseño

La primera comprobación que se va a realizar es a esfuerzo cortante. El criterio para comprobar si el elemento pasante soportará los efectos de los esfuerzos cortantes viene definido por la ecuación 2.8.1.

$$F_{R,b} > F_{E,b}$$

(Fórmula 2.8.1)

Cuando un bulón está sometido solamente a un esfuerzo cortante ($F_{E,b}$), la resistencia ($F_{R,b}$) de dicho bulón viene determinada por la ecuación 2.8.2.

$$F_{R,b} = 0,6 \cdot A \cdot \frac{f_{ub}}{\gamma_{Mb}}$$

(Fórmula 2.8.2)

Donde:

- A, sección transversal del bulón
- f_{ub} , resistencia última a tracción
- γ_{Mb} , coeficiente parcial para la resistencia del material del bulón (1,25)

Eligiendo de la tabla proporcionada por el fabricante Tormetal la calidad mínima de 3.6, se obtienen las siguientes propiedades mecánicas:

LÍMITE ELÁSTICO MÍNIMO (f_{yb})	180 MPa
RESISTENCIA ÚLTIMA A TRACCIÓN (f_{ub})	300 MPa

Tabla 2.8.2 Propiedades mecánicas para una calidad de 3.6 (TORMETAL, 2018)

Sabiendo el diámetro de los bulones será de 30 mm, se obtiene una sección transversal de 706,8 mm². Resolviendo la ecuación 2.8.2 se obtiene la resistencia del bulón.

$$F_{R,b} = 0,6 \cdot 706,8 \cdot \frac{300}{1,25} = 101779 \text{ N}$$

El valor de resistencia obtenido es superior a los esfuerzos cortantes representados en la tabla 2.8.1, por lo que se concluye este apartado verificando que cada bulón (con una calidad de 3.6), soportará los efectos a esfuerzos cortantes cuando este sea el único efecto que se produce en el bulón.

El siguiente esfuerzo que se debe comprobar es el momento flector. El criterio para determinar si el bulón cumple a flexión es el siguiente:

$$M_{R,b} > M_{E,b}$$

(Fórmula 2.8.3)

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

Donde:

- $M_{E,b}$, momento flector en el bulón cuando sobre la pieza central actual el esfuerzo $F_{E,b}$
- $M_{R,b}$, momento resistente a flexión del bulón

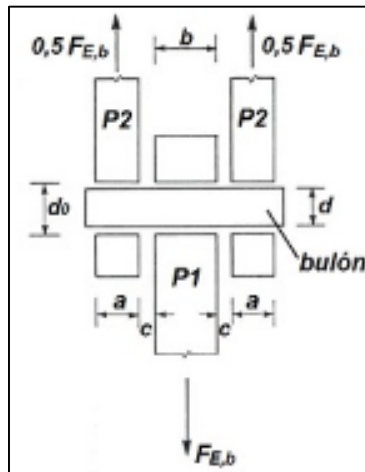


Ilustración 2.8.2 Esquema de una junta convencional (Rodríguez Galbarro, 2018)

Teniendo en cuenta la figura 2.8.2, se puede obtener el valor de $M_{E,b}$ sabiendo el espesor de las barras y los huecos que existen entre ellas con la siguiente ecuación:

$$M_{E,b} = F_{E,b} \cdot (b + 4c + 2a) / 8$$

(Fórmula 2.8.4)

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE
FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

En la tabla 2.8.3 se resumen todos los valores de momentos obtenidos, teniendo en cuenta una separación entre barras de 0,5 mm:

Nº DE JUNTA	MOMENTO FLECTOR ($M_{E,b}$) (Nm)
BULÓN JUNTA 1	32,5
BULÓN JUNTA 2	16,47
BULÓN JUNTA 3	91,2
BULÓN JUNTA 4 Y 5	111,0
BULÓN JUNTA 6	21,1
BULÓN JUNTA 7	26,1

Tabla 2.8.3 Momentos flectores máximos que soporta cada bulón

A su vez, el momento resistente del bulón se define como indica la fórmula 2.8.5:

$$M_{R,b} = 1,5 \cdot W \cdot \frac{f_{yb}}{\gamma_{Mb}}$$

(Fórmula 2.8.5)

Donde:

- W , módulo resistente de la sección del bulón $W = \frac{\pi \cdot d^3}{32}$
- f_{yb} , límite elástico mínimo

Aplicando la fórmula 2.8.5 se obtiene:

$$M_{R,b} = 1,5 \cdot 2650,72 \cdot \frac{180}{1,25} = 572555 \text{ N} \cdot \text{mm} = 572,6 \text{ Nm}$$

El valor obtenido de momento resistente es mayor a todos los momentos obtenidos cuando al bulón se aplica una fuerza $F_{E,b}$ (tabla 2.8.3). Se puede concluir

que cada bulón soportará el momento flector máximo que aparece en él, siempre que este sea el único efecto que exista en el bulón.

Han sido estudiados los esfuerzos a cortante y momento flector por separado. Se debe analizar el caso también de que ambos esfuerzos coexistan y aparezcan a la vez en el bulón. Normalmente el efecto cortante y flector suelen ir de la mano, por lo que se precisa de un criterio para verificar que si se produce la acción combinada de un esfuerzo cortante ($F_{E,b}$) y de un momento flector ($M_{E,b}$), el bulón soportará la acción conjunta sin problema. Este criterio es el siguiente:

$$\left(\frac{M_{E,b}}{M_{R,b}}\right)^2 + \left(\frac{F_{E,b}}{F_{R,b}}\right)^2 \leq 1$$

(Fórmula 2.8.6)

Aplicando la ecuación 2.8.6 con los valores obtenidos en los apartados anteriores se tiene:

$$(111/572,6)^2 + (5803,54/101779)^2 = 0,04$$

Se da por finalizado el cálculo de los bulones concluyendo que, para un diámetro de 30 mm, estos elementos cumplen su función.

C) RESISTENCIA AL APLASTAMIENTO DE LA PIEZA

Por último, es necesario hacer los cálculos oportunos para comprobar que la pieza que es atravesada por el bulón no sufre daño alguno por las acciones a las que está sometida. Para ello, primeramente se debe cumplir la geometría que presenta la figura 2.8.3.

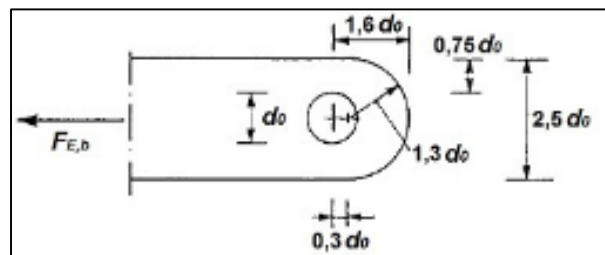


Ilustración 2.8.3 Geometría óptima de la pieza

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

Un análisis posterior dará cuenta de la resistencia límite al aplastamiento que es capaz de soportar la pieza en el estado límite de servicio ($F_{A,p,ser}$) y se comparará con la fuerza que le transmite el bulón ($F_{E,b}$). El criterio, por tanto, para saber si la pieza sufre algún tipo de aplastamiento lo indica la siguiente igualdad.

$$F_{A,p,ser} \geq F_{E,b}$$

(Fórmula 2.8.7)

Donde $F_{A,p}$ se determina aplicando la ecuación:

$$F_{A,p} = 0,6 \cdot t \cdot d \cdot f_y$$

(Fórmula 2.8.8)

Donde f_y es el límite elástico del acero de la pieza ($f_y = 275 \text{ MPa}$). Para el caso más desfavorable, donde $t = 3 \text{ mm}$, la fuerza límite de aplastamiento que puede soportar la pieza en el estado último de servicio es:

$$F_{A,p} = 0,6 \cdot 3 \cdot 30 \cdot 275 = 14850 \text{ N}$$

Por tanto, se concluye este apartado verificando que la fuerza resistente que posee cada pieza es superior al esfuerzo que debe soportar y que, por lo tanto, el efecto del aplastamiento no tendrá lugar.

D) CONCLUSIONES

Se concluye este anexo afirmando que usando bulones de diámetro 30 mm, con las características mecánicas de la tabla 2.8.4 y de la longitud adecuada en cada caso, el diseño quedará bien definido y no sufrirá de aplastamiento ninguna de las piezas.

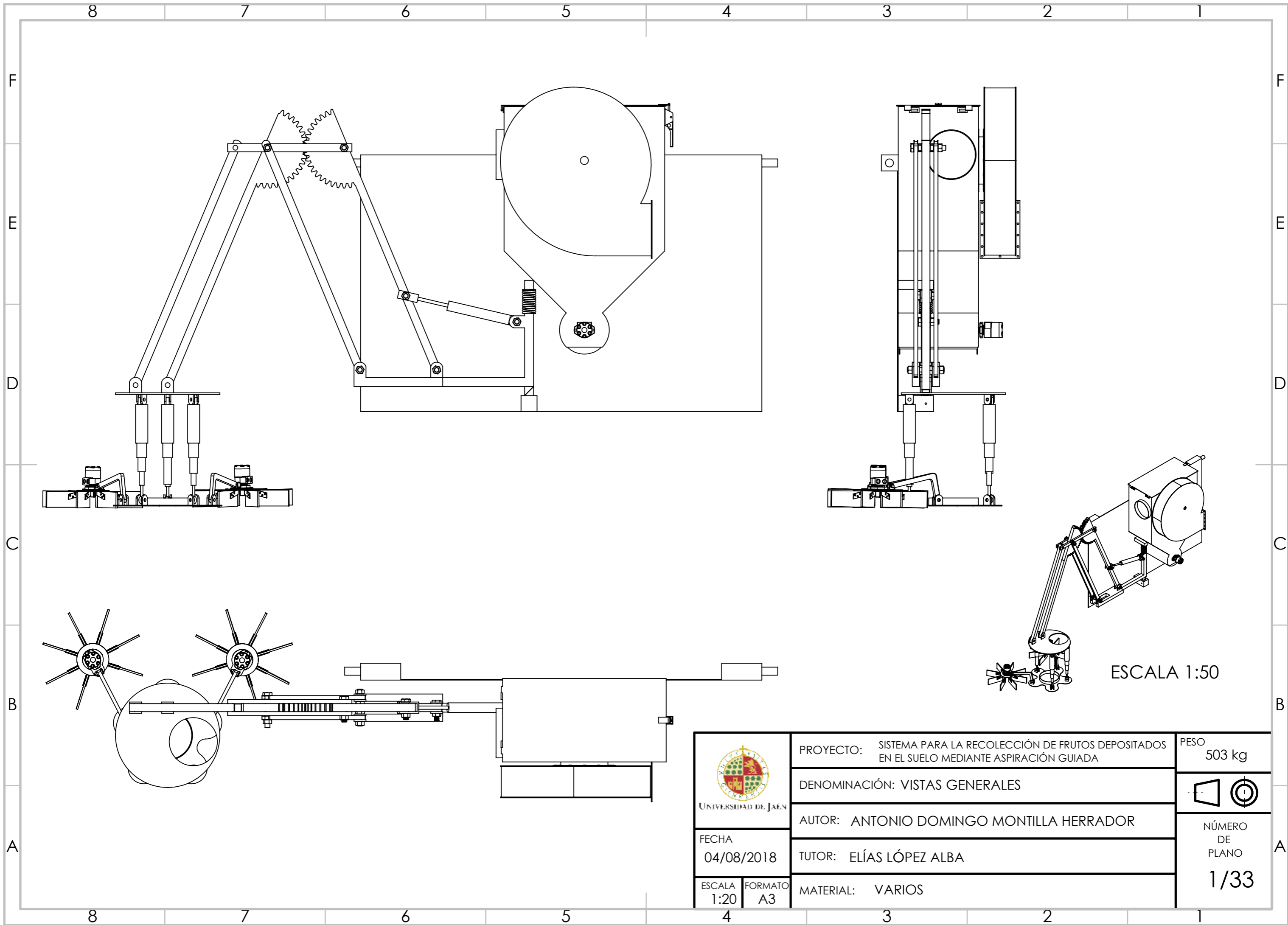
CLASE DE CALIDAD	3,6
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (F_{ub}) (N/mm^2)	300
DUREZA VICKERS (HV)	250
DUREZA BRINELL (HB)	238

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE
FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA


DUREZA ROCKWELL (HR)	99,5
LÍMITE INFERIOR DE FLUENCIA (F_{yb}) (N/mm^2)	180

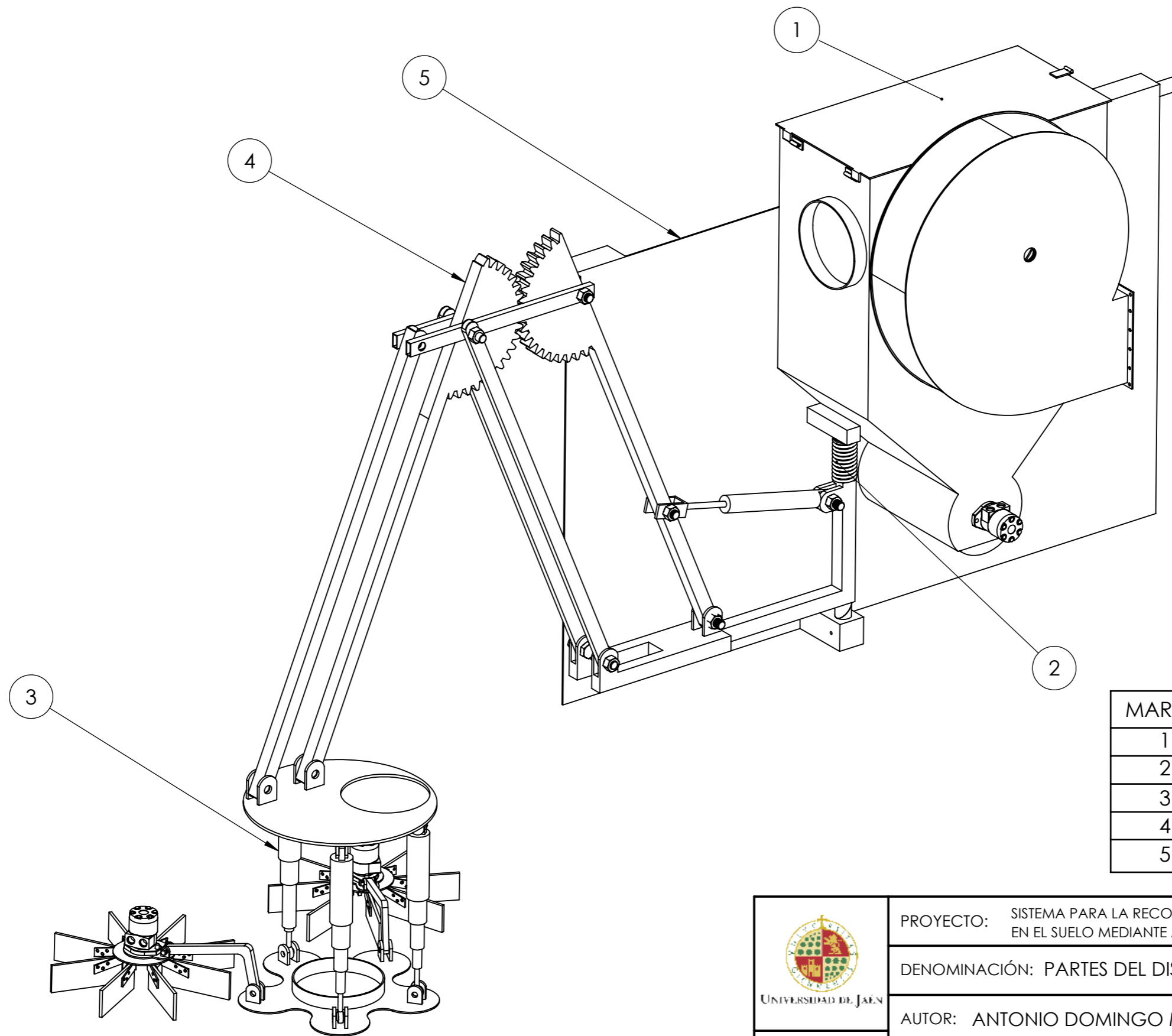
Ilustración 2.8.4 Características mecánicas del bulón elegido

3. PLANOS




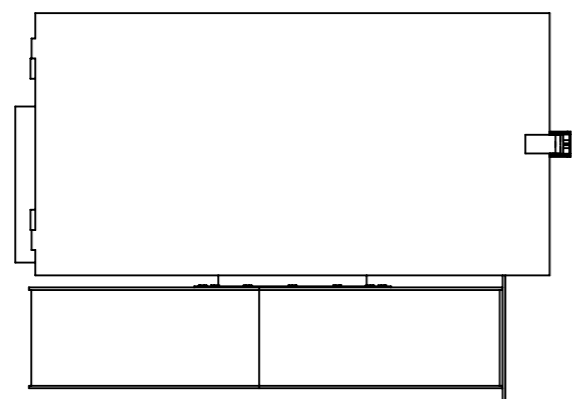
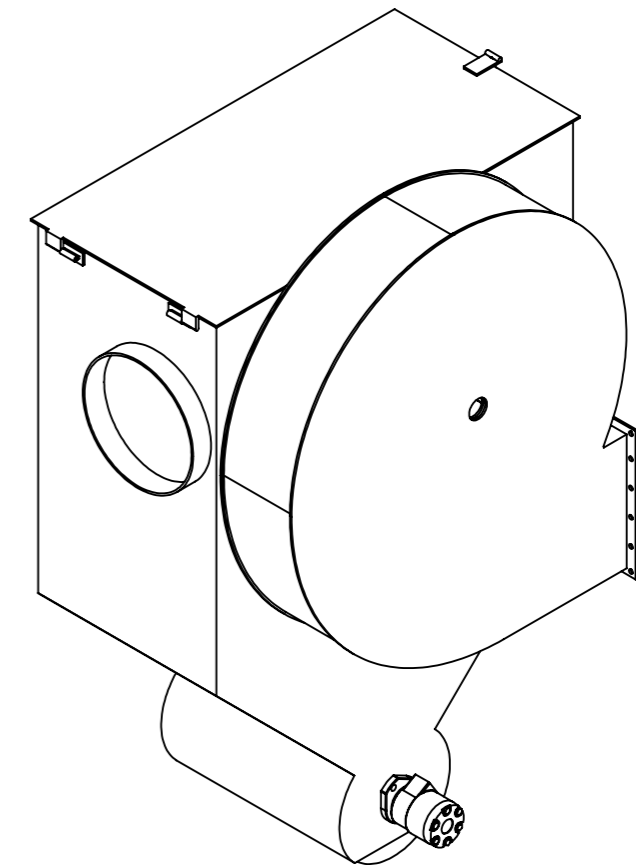
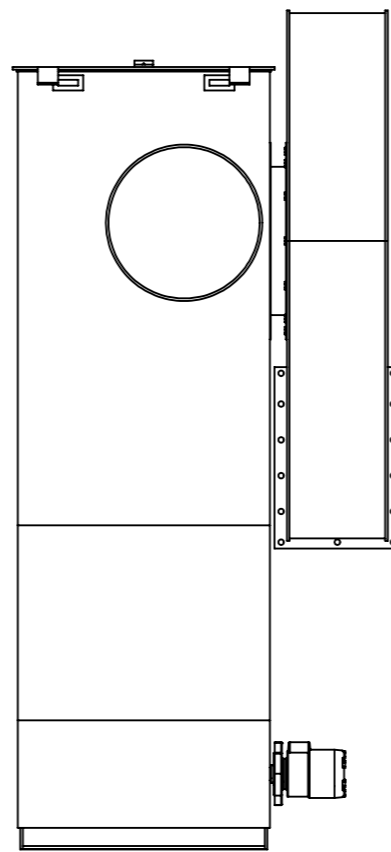
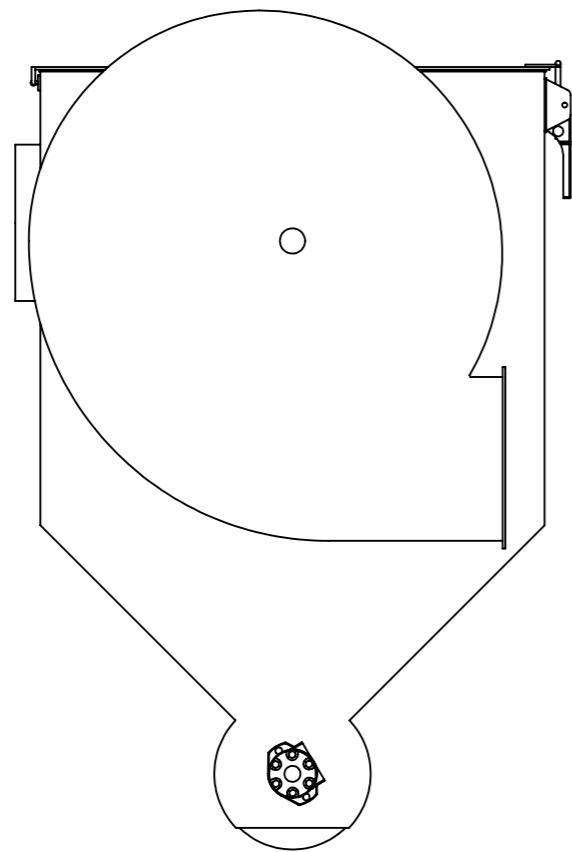
ESCALA 1:50



 UNIVERSIDAD DE JAÉN	PROYECTO: SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA	PESO 503 kg
	DENOMINACIÓN: VISTAS GENERALES	
FECHA 04/08/2018	AUTOR: ANTONIO DOMINGO MONTILLA HERRADOR	
ESCALA 1:20	TUTOR: ELÍAS LÓPEZ ALBA	
FORMATO A3	MATERIAL: VARIOS	
		NÚMERO DE PLANO 1/33

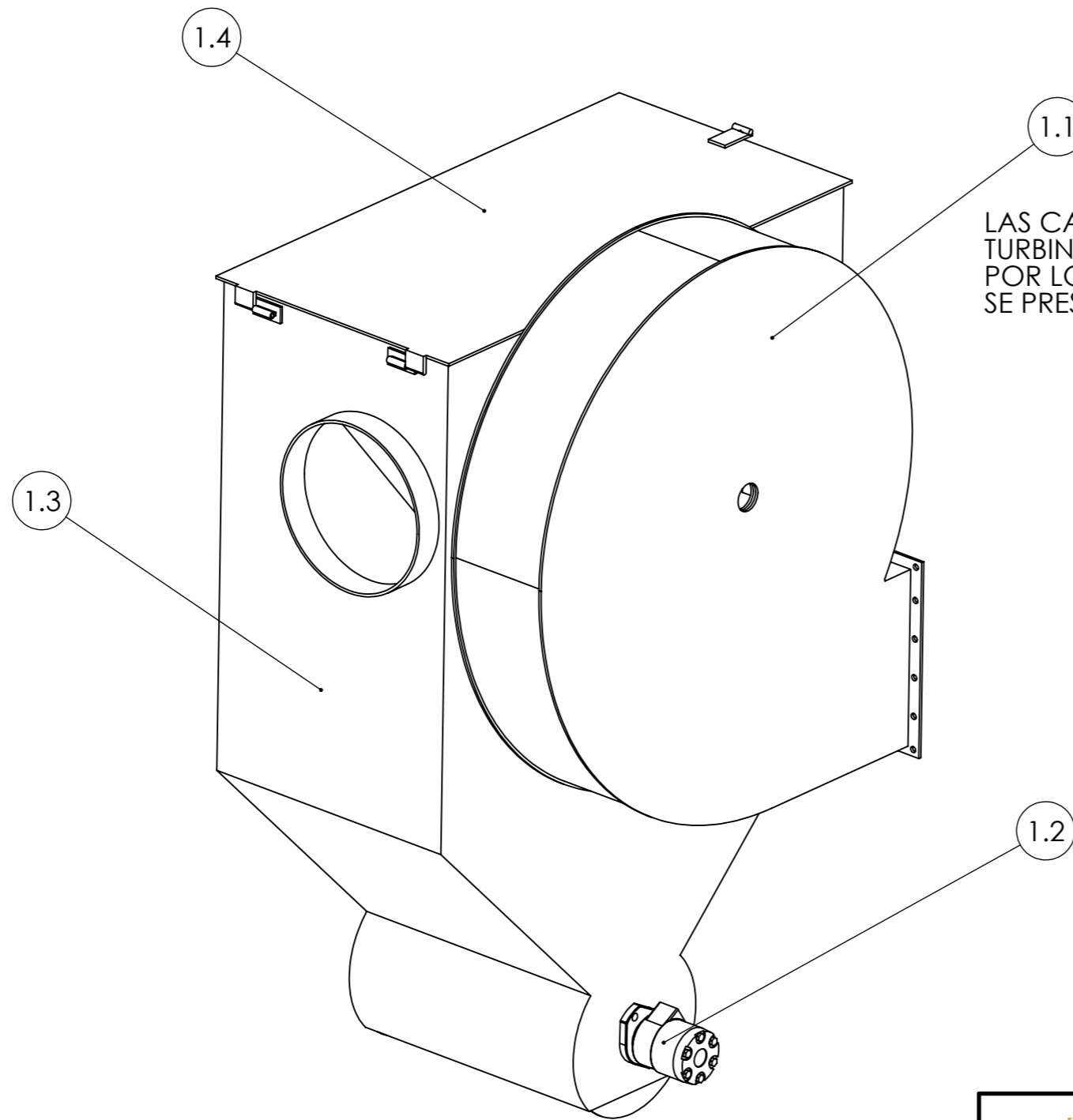


MARCA	DENOMINACIÓN
1	Sistema aspiración
2	Sistema de seguridad
3	Cabezal
4	Brazo mecánico
5	Sistema de anclaje

 UNIVERSIDAD DE JAÉN	PROYECTO: SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA	PESO 503 kg
	DENOMINACIÓN: PARTES DEL DISEÑO	
FECHA 04/08/2018	AUTOR: ANTONIO DOMINGO MONTILLA HERRADOR	
ESCALA 1:15	TUTOR: ELÍAS LÓPEZ ALBA	
FORMATO A3	MATERIAL: VARIOS	
		NÚMERO DE PLANO 2/33




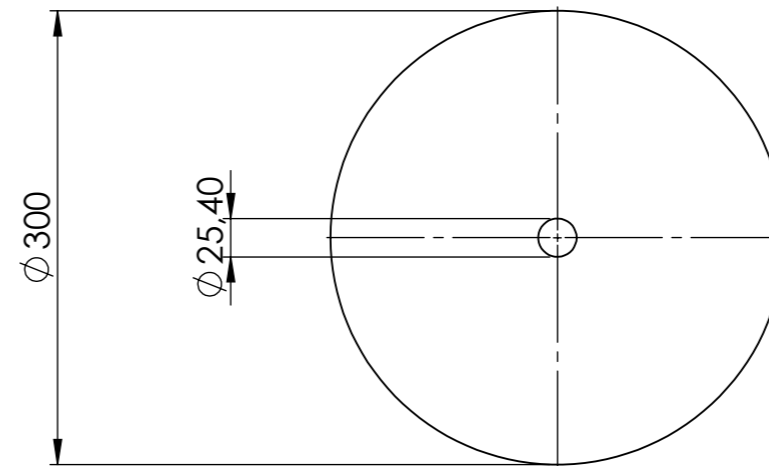
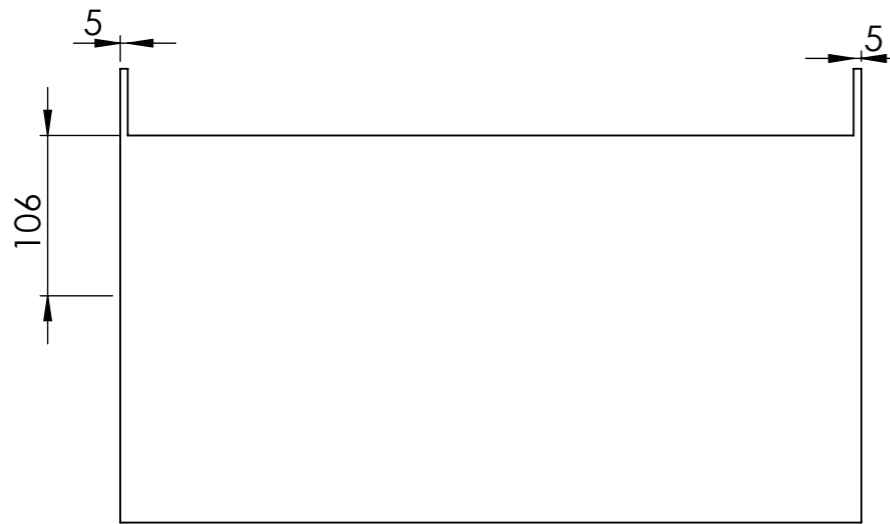
 UNIVERSIDAD DE JAÉN	PROYECTO: SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA	PESO 241 kg	
	DENOMINACIÓN: 1. SISTEMA ASPIRACIÓN		
FECHA 04/08/2018	AUTOR: ANTONIO DOMINGO MONTILLA HERRADOR		NÚMERO DE PLANO 3/33
ESCALA 1:15	FORMATO A3	TUTOR: ELÍAS LÓPEZ ALBA	
MATERIAL: VARIOS			



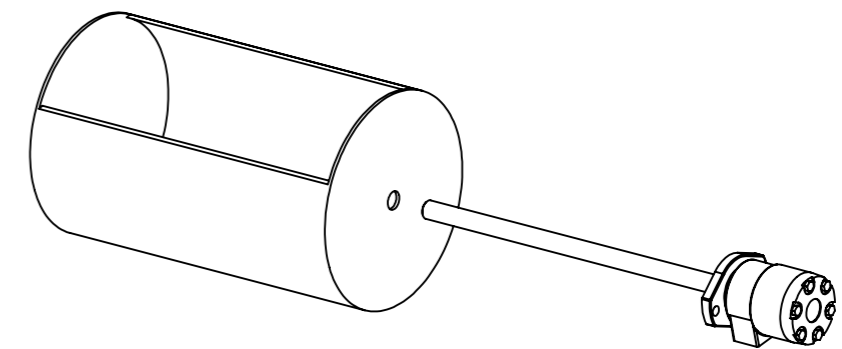
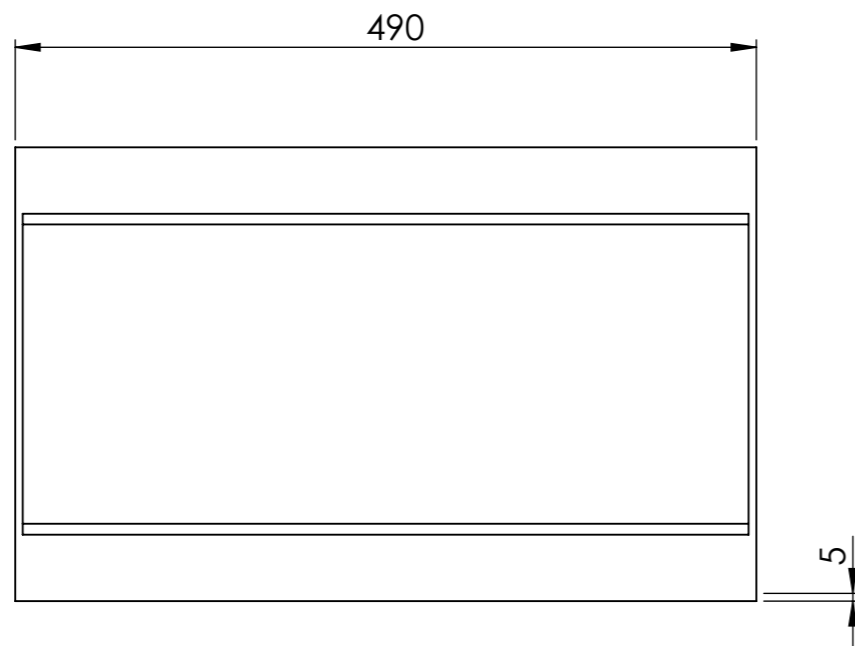
LAS CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES DE LA TURBINA VENDRÁN DADAS POR EL FABRICANTE, POR LO QUE LAS DIMENSIONES QUE AQUÍ SE PRESENTAN SON ORIENTATIVAS.

MARCA	DENOMINACIÓN
1.1	TURBINA
1.2	SISTEMA DE EXTRACCIÓN
1.3	CAJÓN ASPIRADOR
1.4	PUERTA CAJÓN

 UNIVERSIDAD DE JAÉN	PROYECTO: SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA	PESO 241 kg
	DENOMINACIÓN: 1. PARTES DEL SISTEMA DE ASPIRACIÓN	
FECHA 04/08/2018	AUTOR: ANTONIO DOMINGO MONTILLA HERRADOR	
ESCALA 1:10	TUTOR: ELÍAS LÓPEZ ALBA	NÚMERO DE PLANO 4/33
FORMATO A3	MATERIAL: VARIOS	


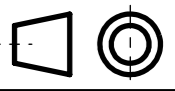


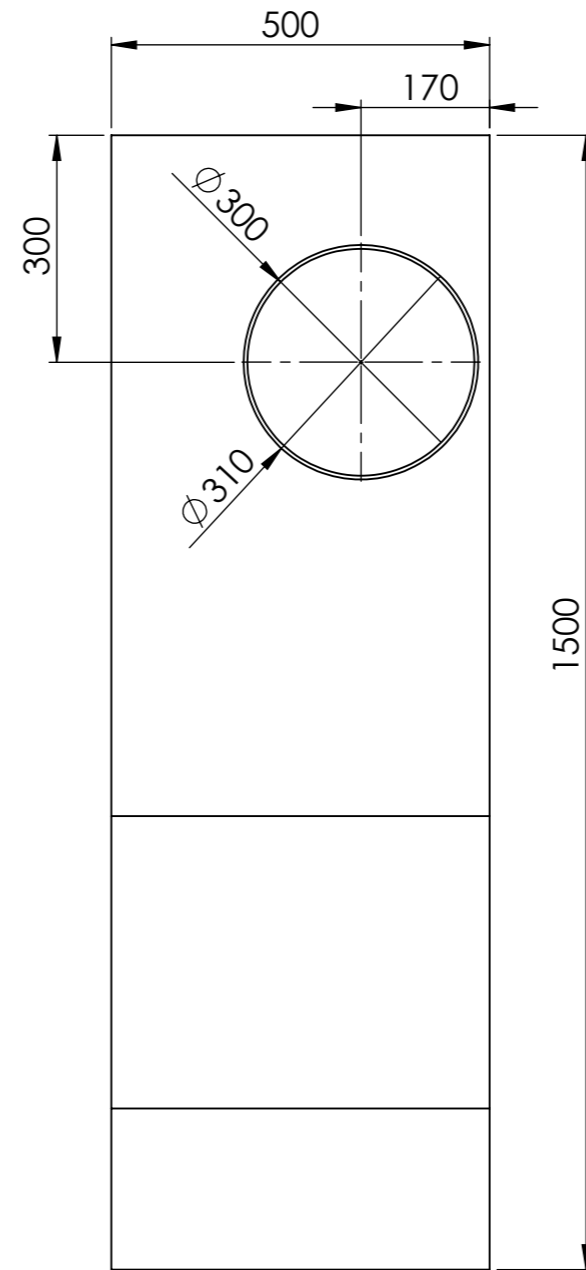
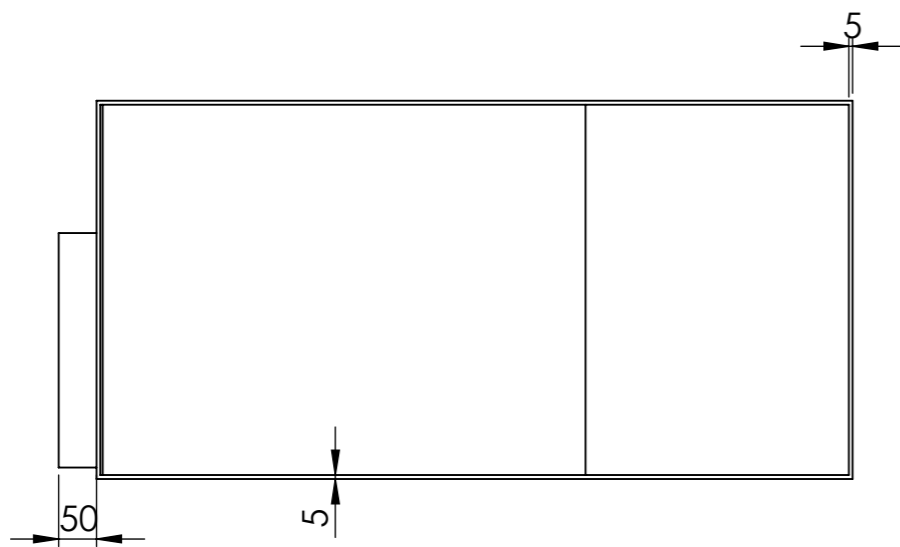
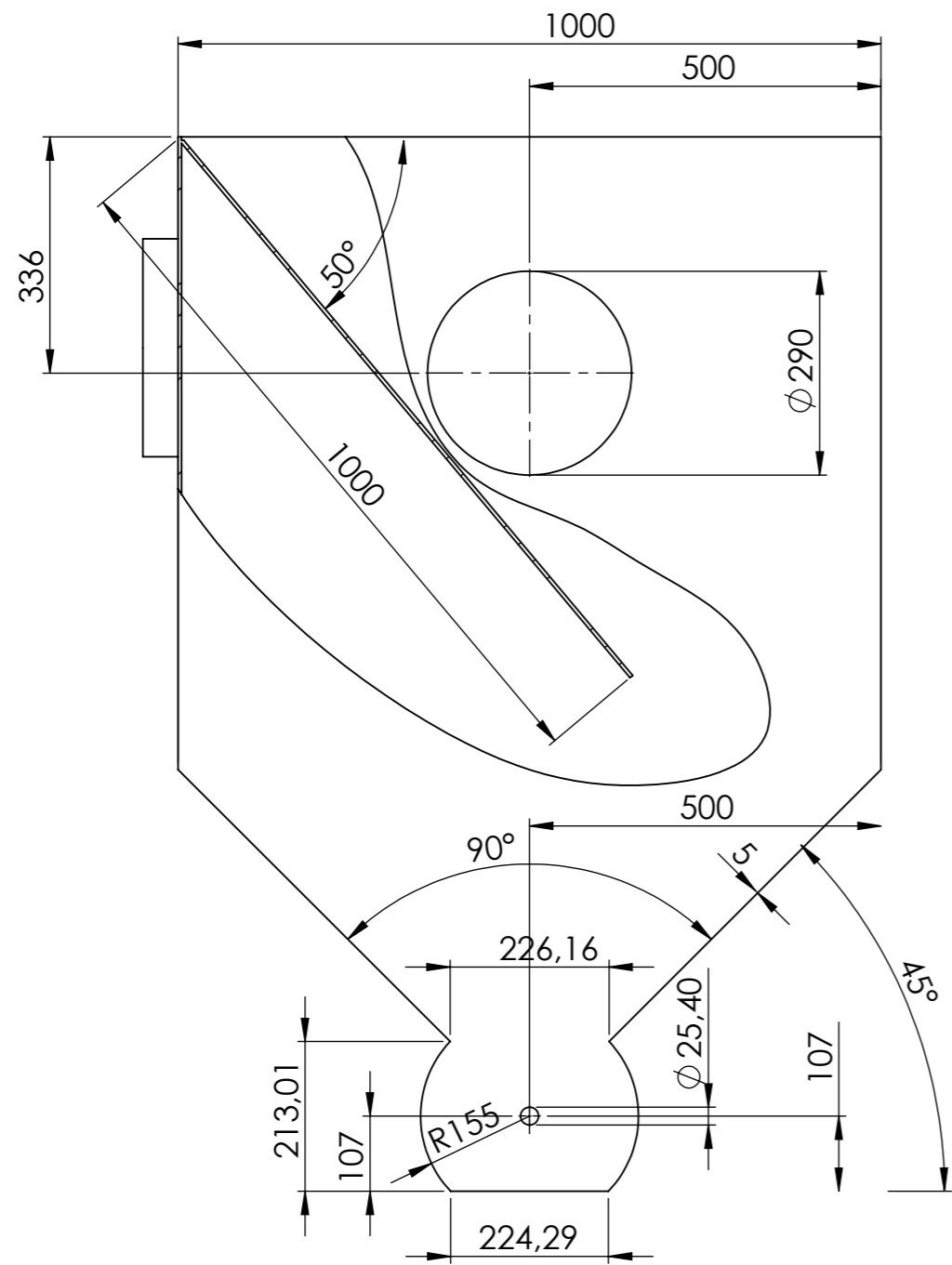
EL AGUJERO QUE SERÁ ATRAVESADO POR EL EJE DEL MOTOR ESTÁ IMPUESTO POR EL FABRICANTE, POR LO QUE LA COTA QUE APARECE EN EL PLANO ES ORIENTATIVA. A SU VEZ, DEBE DISPONER DE UN SISTEMA ANTIGIRO QUE GENERE EL MOVIMIENTO SOLIDARIO DEL CAZO CON EL EJE DEL MOTOR.



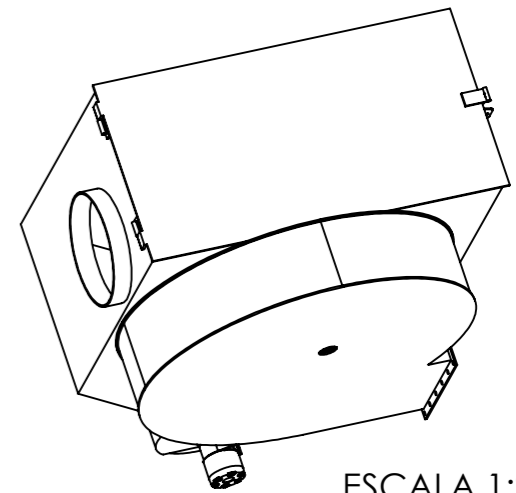
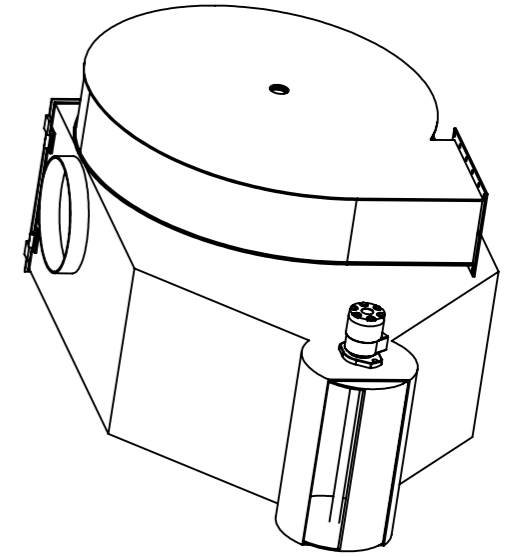
EL EJE DEL MOTOR DESCANSARA SOBRE UNOS RODAMIENTOS QUE EVITEN EL DESGASTE POR ROZAMIENTO DE LOS ELEMENTOS.

ESCALA 1:10

 UNIVERSIDAD DE JAÉN	PROYECTO: SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA	PESO 28 kg
	DENOMINACIÓN: 1.2. SISTEMA DE EXTRACCIÓN	
FECHA 04/08/2018	AUTOR: ANTONIO DOMINGO MONTILLA HERRADOR	NÚMERO DE PLANO 5/33
ESCALA 1:5	TUTOR: ELÍAS LÓPEZ ALBA	
FORMATO A3	MATERIAL: ACERO S275N	


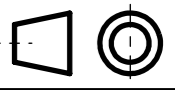


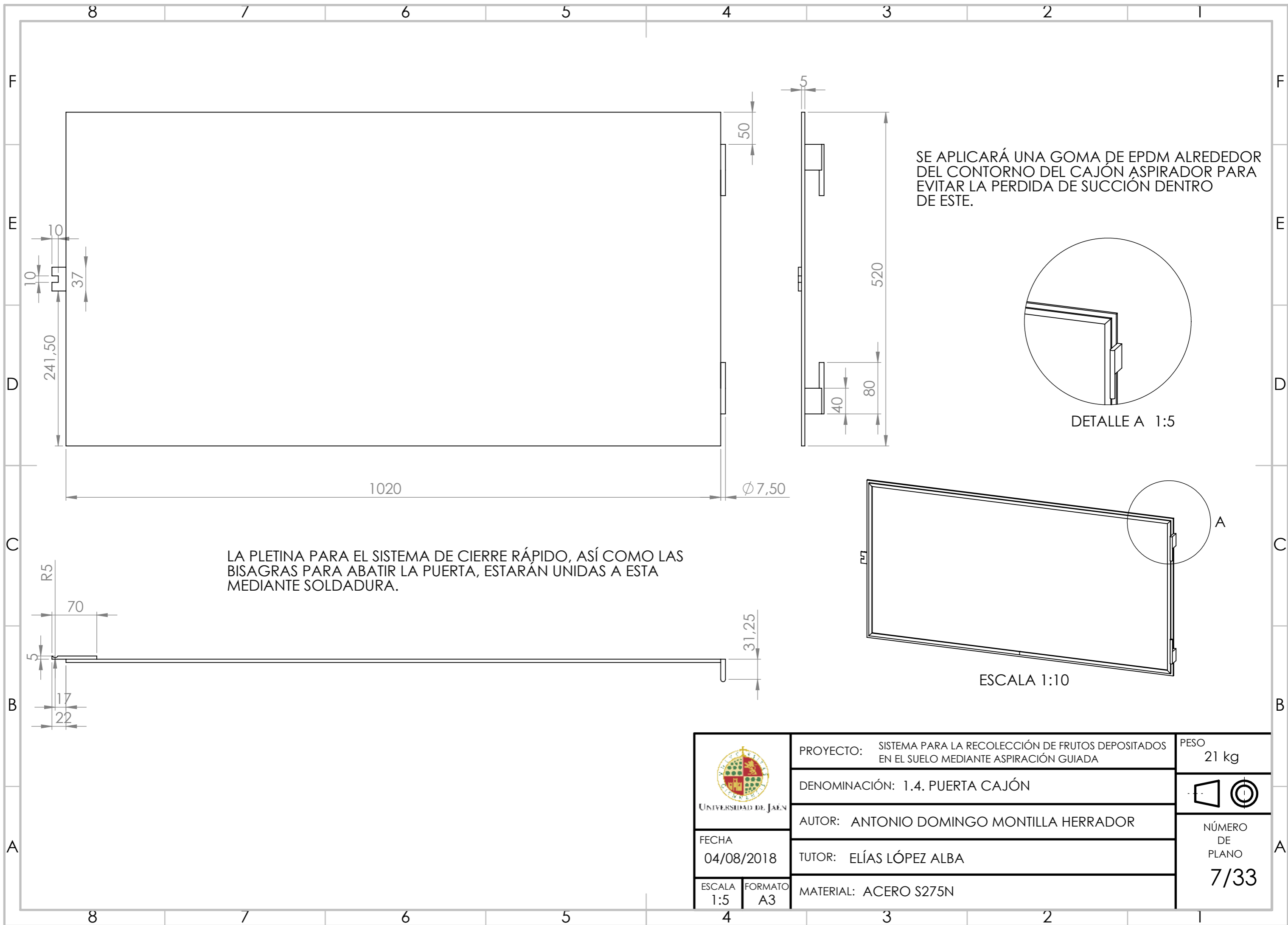
LOS ELEMENTOS DE CIERRE Y BISAGRA, AL IGUAL QUE EN LA PUERTA, SE ENCUENTRAN SOLDADOS AL CAJÓN.



ESCALA 1:20

EN LOS AGUJEROS DONDE SE ENCUENTRA EL MOTOR DE EXTRACCIÓN DEL FRUTO SERÁ DONDE SE INSTALEN LOS RODAMIENTOS CORRESPONDIENTES.

 UNIVERSIDAD DE JAÉN	PROYECTO: SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA	PESO 173 kg
	DENOMINACIÓN: 1.3. CAJÓN ASPIRADOR	
FECHA 08/08/2018	AUTOR: ANTONIO DOMINGO MONTILLA HERRADOR	NÚMERO DE PLANO 6/33
ESCALA 1:10	TUTOR: ELÍAS LÓPEZ ALBA	
FORMATO A3	MATERIAL: ACERO S275N	


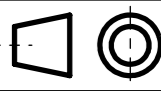


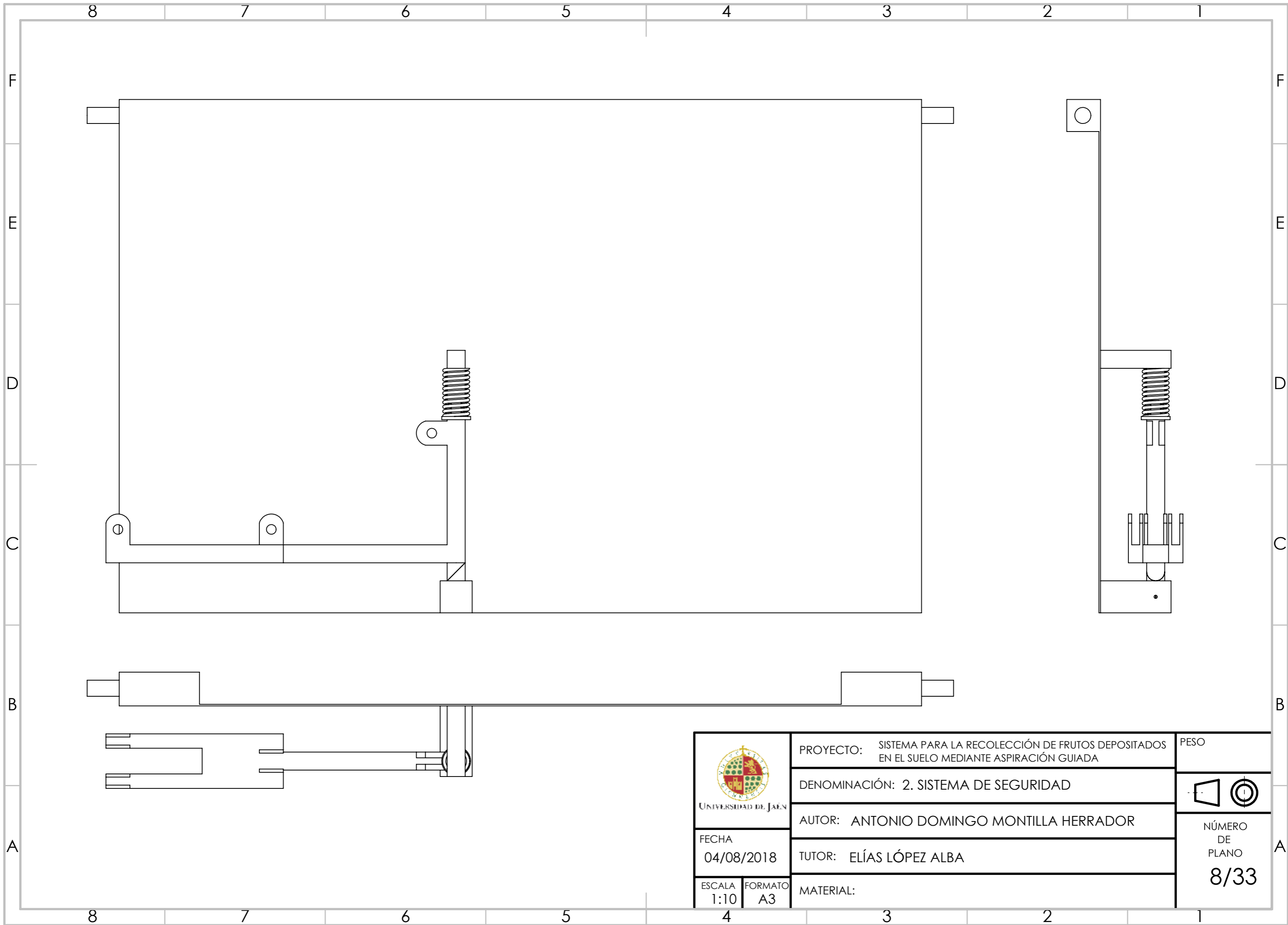
LA PLETINA PARA EL SISTEMA DE CIERRE RÁPIDO, ASÍ COMO LAS BISAGRAS PARA ABATIR LA PUERTA, ESTARÁN UNIDAS A ESTA MEDIANTE SOLDADURA.



SE APLICARÁ UNA GOMA DE EPDM ALREDEDOR DEL CONTORNO DEL CAJÓN ASPIRADOR PARA EVITAR LA PERDIDA DE SUCCIÓN DENTRO DE ESTE.

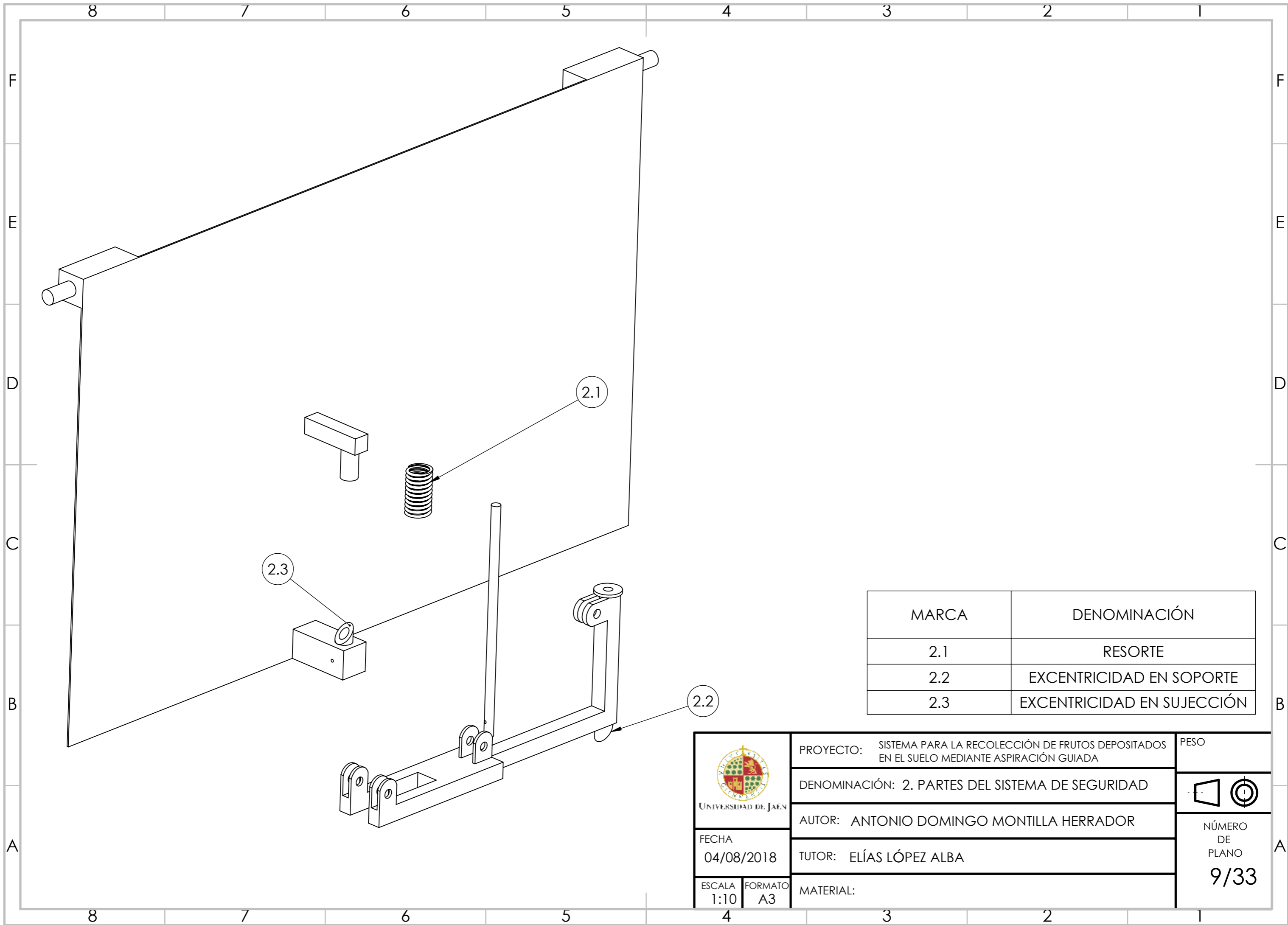
DETALLE A 1:5

ESCALA 1:10


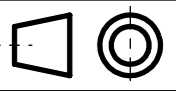
 UNIVERSIDAD DE JAÉN	PROYECTO: SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA	PESO 21 kg
	DENOMINACIÓN: 1.4. PUERTA CAJÓN	
FECHA 04/08/2018	AUTOR: ANTONIO DOMINGO MONTILLA HERRADOR	NÚMERO DE PLANO 7/33
ESCALA 1:5	TUTOR: ELÍAS LÓPEZ ALBA	
FORMATO A3	MATERIAL: ACERO S275N	

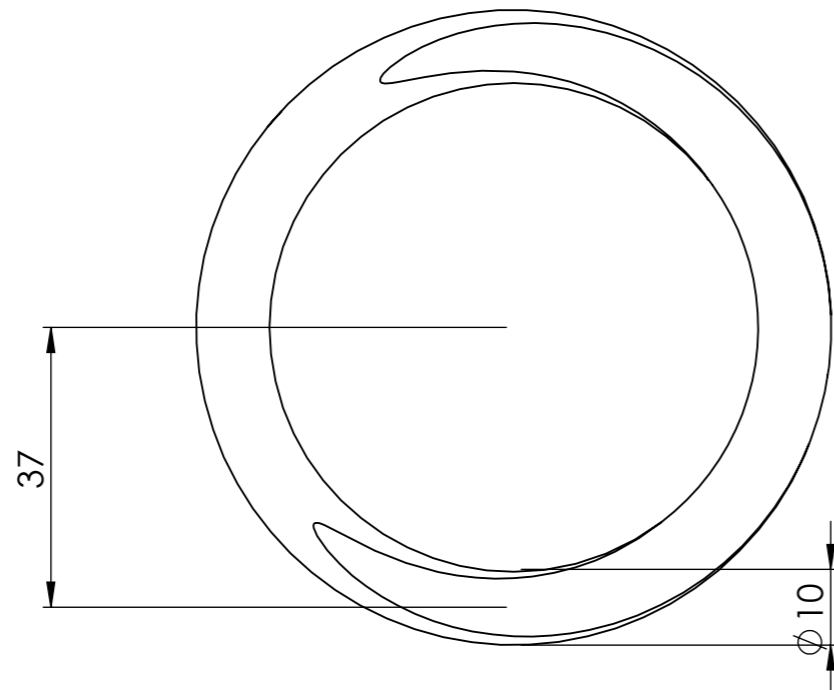
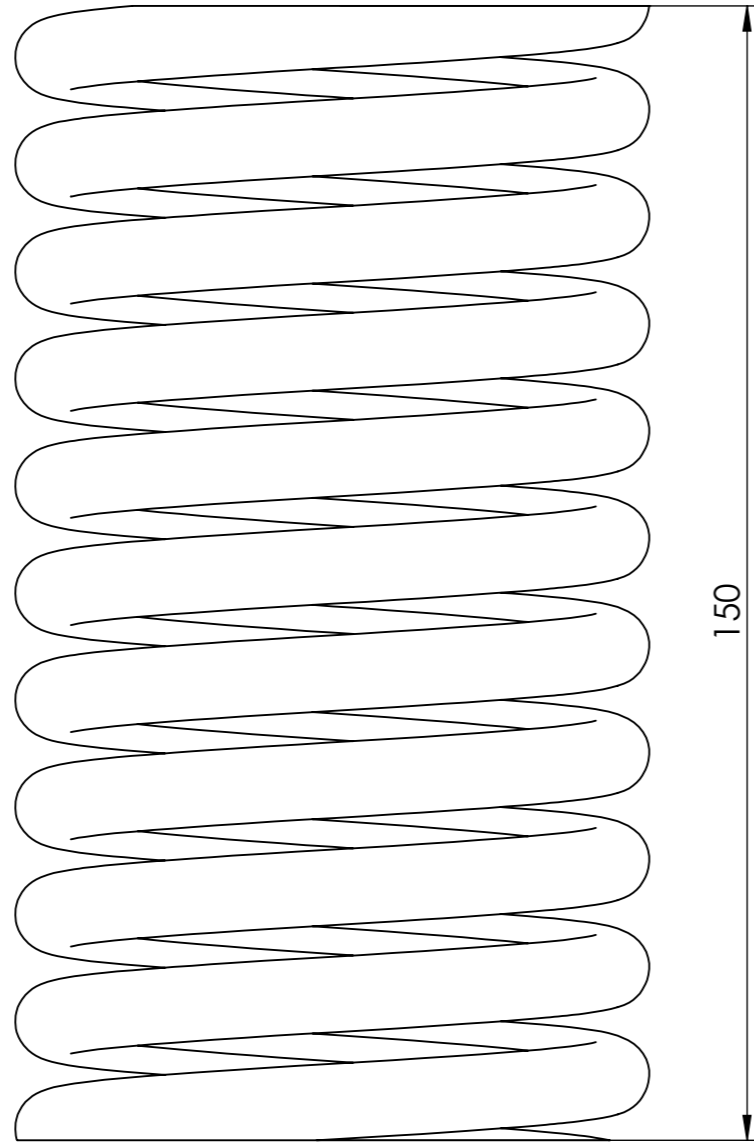



 UNIVERSIDAD DE JAÉN	PROYECTO: SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA	PESO
	DENOMINACIÓN: 2. SISTEMA DE SEGURIDAD	
FECHA 04/08/2018	AUTOR: ANTONIO DOMINGO MONTILLA HERRADOR	NÚMERO DE PLANO 8/33
ESCALA 1:10	FORMATO A3	MATERIAL:

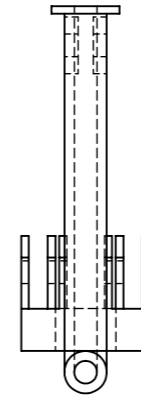
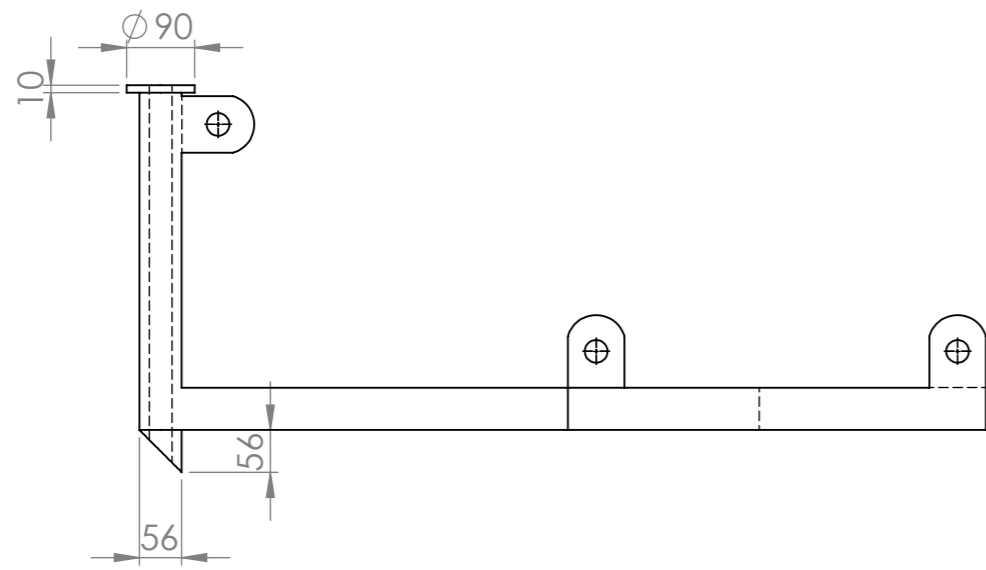


MARCA	DENOMINACIÓN
2.1	RESORTE
2.2	EXCENTRICIDAD EN SOPORTE
2.3	EXCENTRICIDAD EN SUJECCIÓN

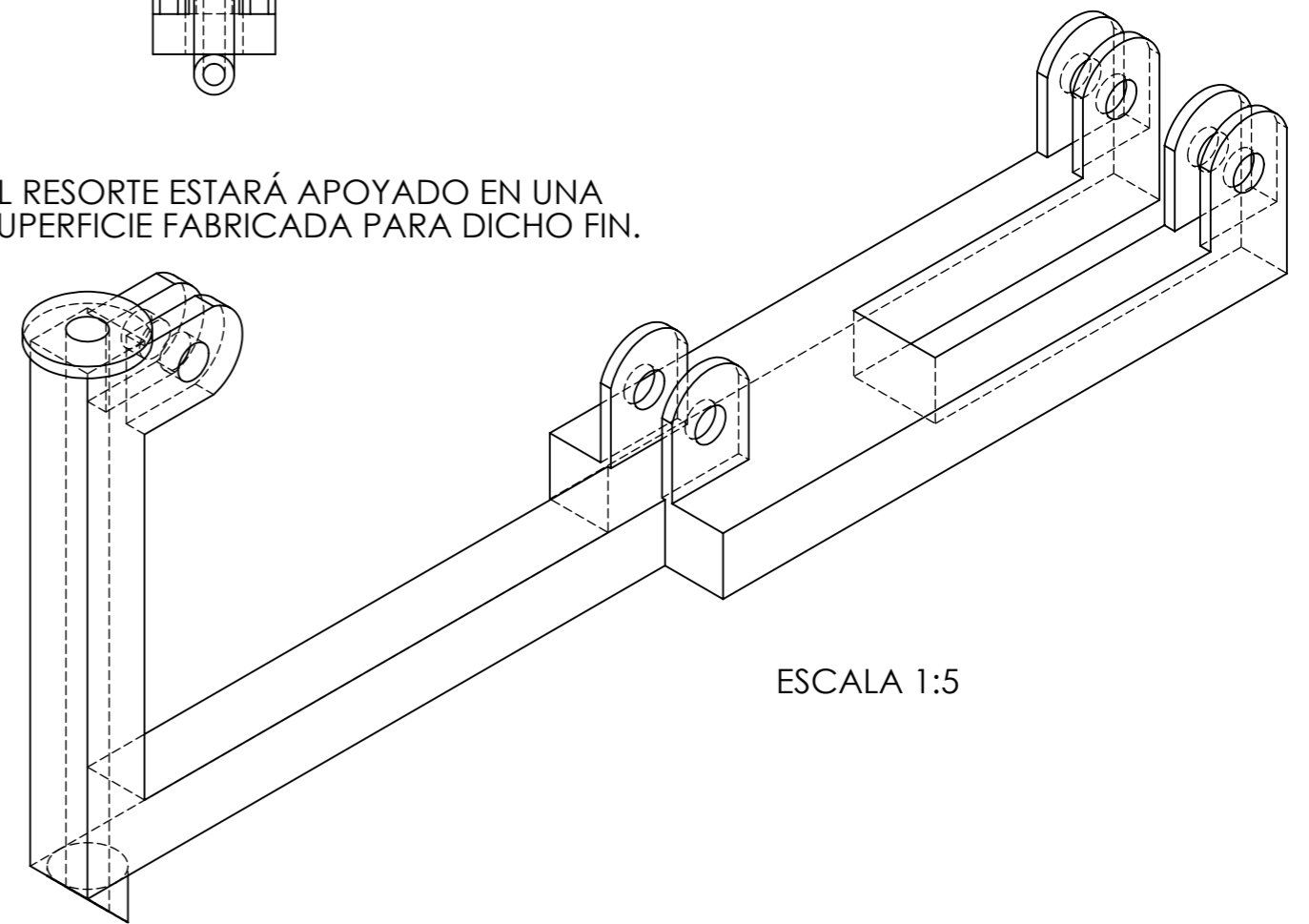
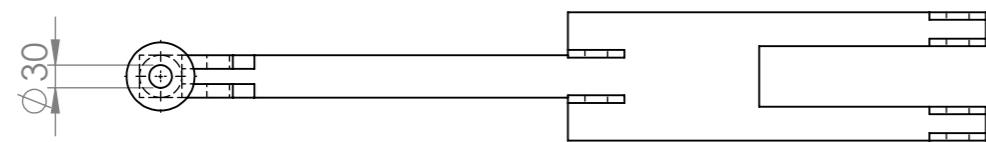
 UNIVERSIDAD DE JAÉN	PROYECTO: SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA	PESO
	DENOMINACIÓN: 2. PARTES DEL SISTEMA DE SEGURIDAD	
FECHA 04/08/2018	AUTOR: ANTONIO DOMINGO MONTILLA HERRADOR	
ESCALA 1:10	TUTOR: ELÍAS LÓPEZ ALBA	 NÚMERO DE PLANO 9/33
FORMATO A3	MATERIAL:	





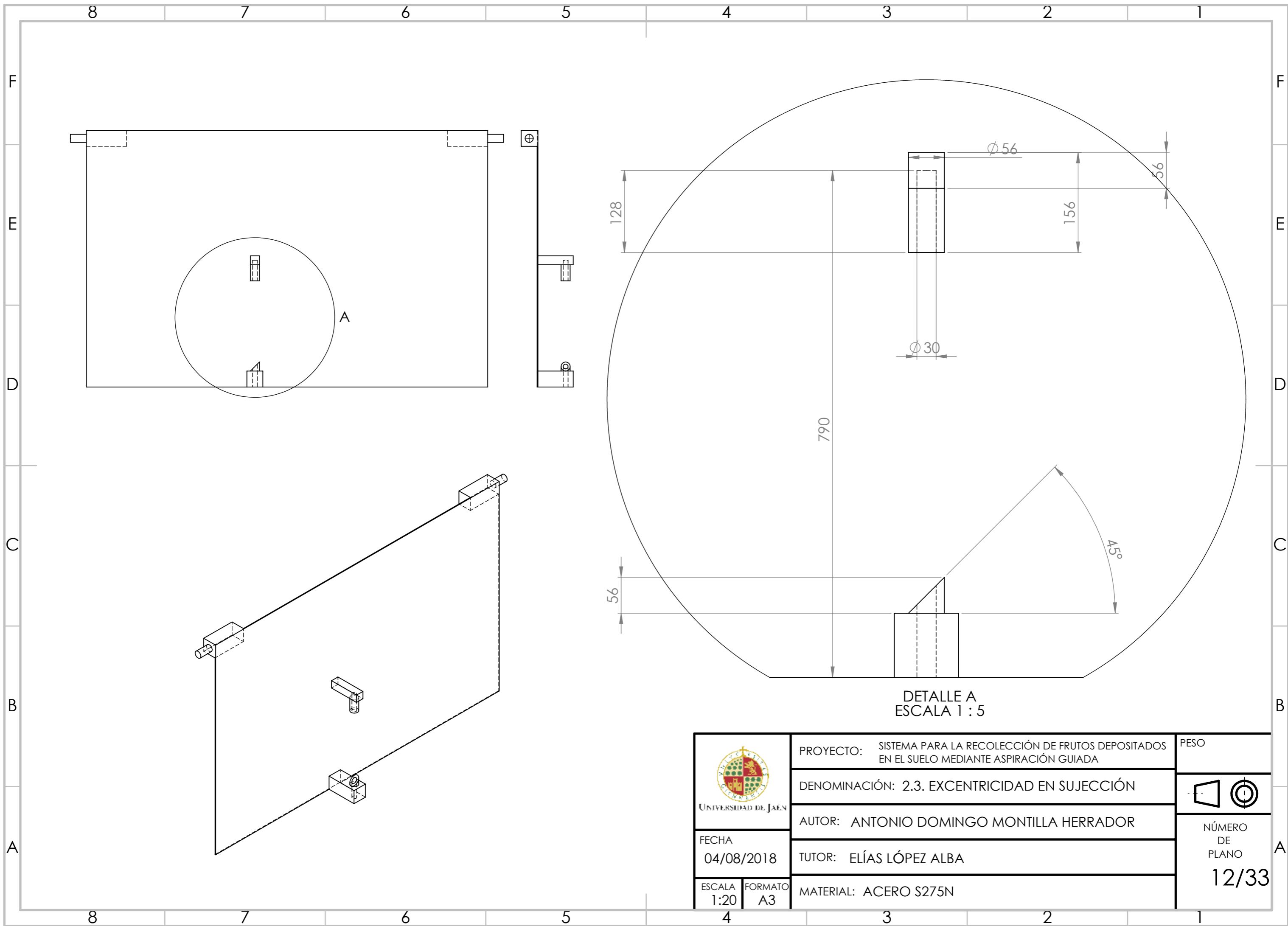
 UNIVERSIDAD DE JAÉN	PROYECTO: SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA	PESO 0,2 kg
	DENOMINACIÓN: 2.1. RESORTE	
FECHA 04/08/2018	AUTOR: ANTONIO DOMINGO MONTILLA HERRADOR	
ESCALA 1:1	TUTOR: ELÍAS LÓPEZ ALBA	
FORMATO A3	MATERIAL: ACERO CROMO-SILICIO	
		NÚMERO DE PLANO 10/33




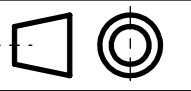
EL RESORTE ESTARÁ APOYADO EN UNA SUPERFICIE FABRICADA PARA DICHO FIN.

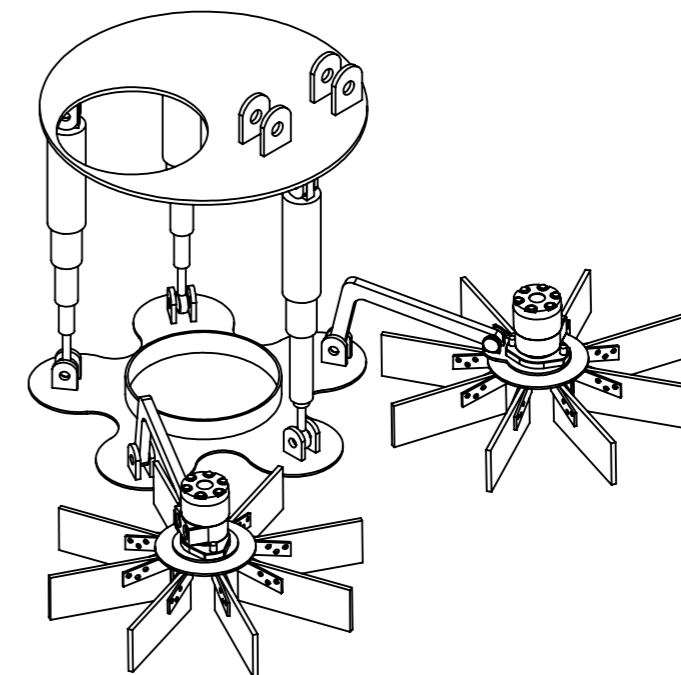
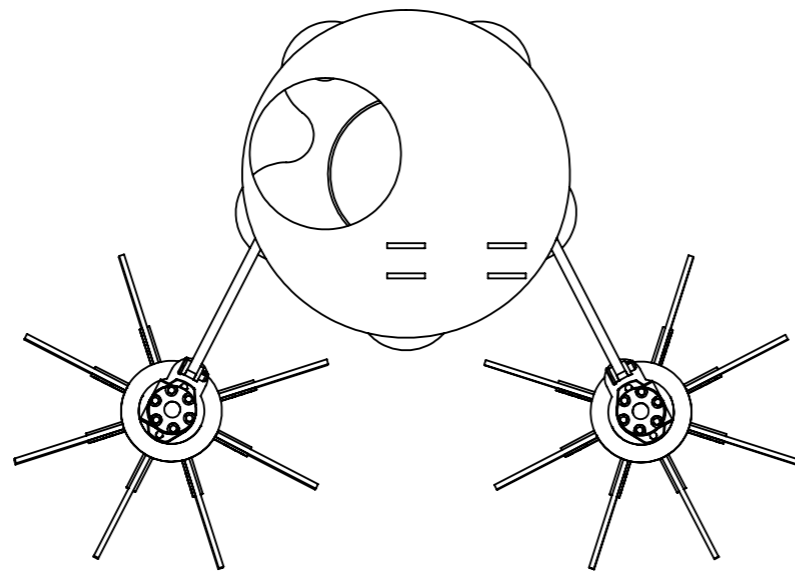
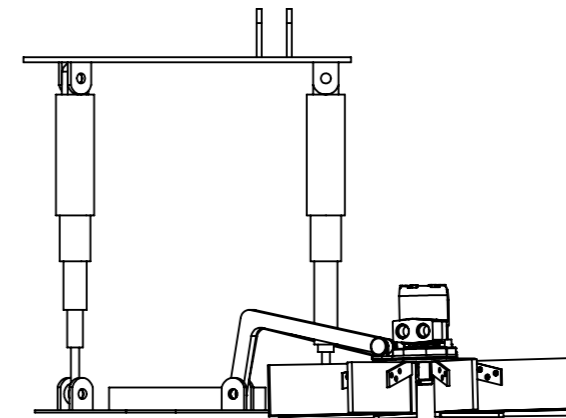
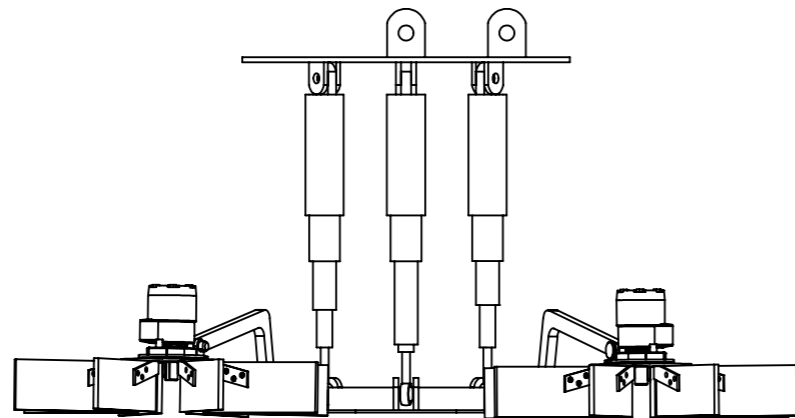



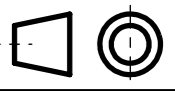
 UNIVERSIDAD DE JAÉN	PROYECTO: SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA	PESO
	DENOMINACIÓN: 2.2. EXCENTRICIDAD EN SOPORTE	
FECHA 04/08/2018	AUTOR: ANTONIO DOMINGO MONTILLA HERRADOR	NÚMERO DE PLANO 11/33
ESCALA 1:10	TUTOR: ELÍAS LÓPEZ ALBA	
FORMATO A3	MATERIAL: ACERO S275N	

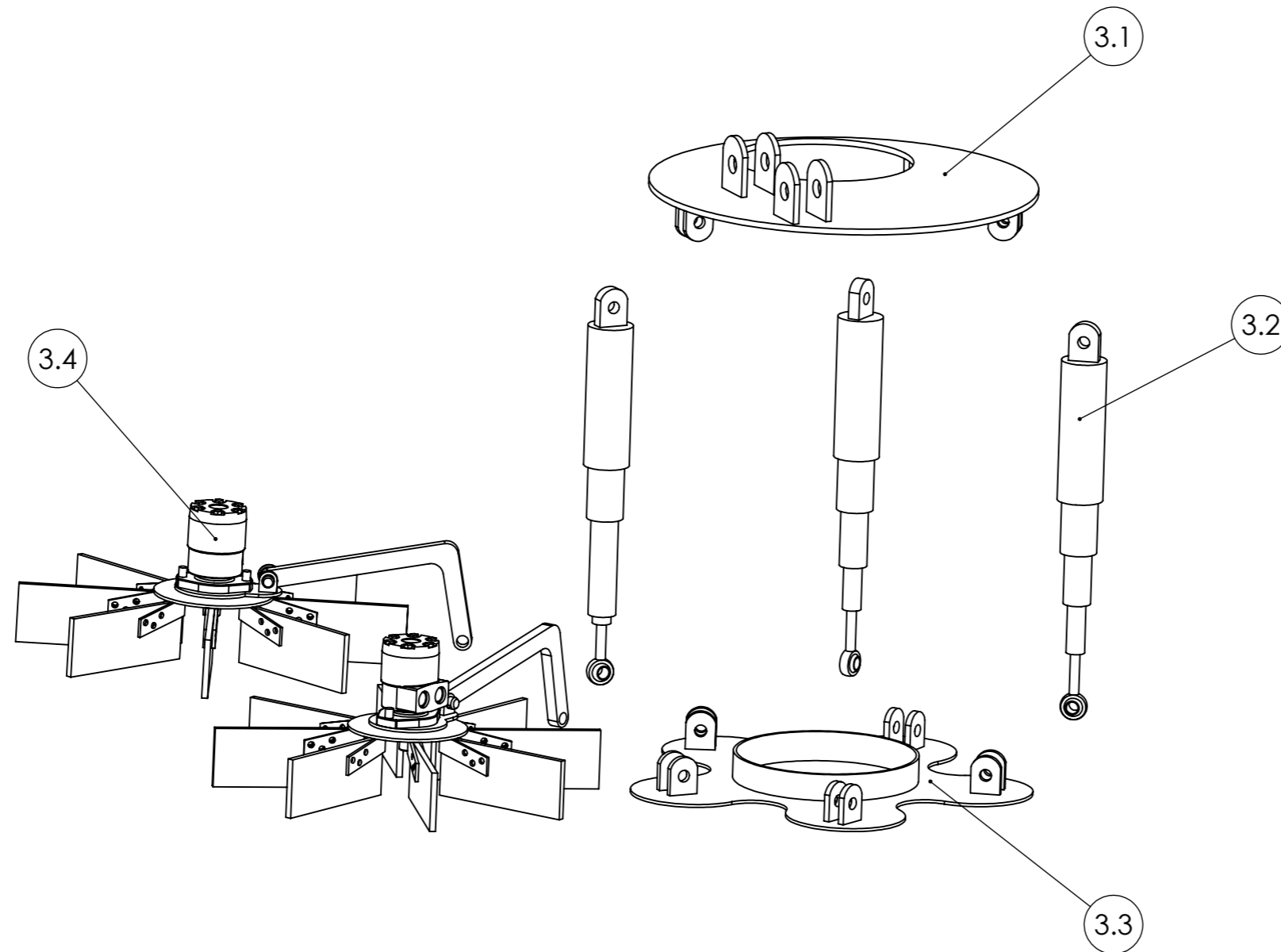


DETALLE A
ESCALA 1 : 5



 UNIVERSIDAD DE JAÉN	PROYECTO: SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA	PESO	
	DENOMINACIÓN: 2.3. EXCENRICIDAD EN SUJECCIÓN		
FECHA 04/08/2018	AUTOR: ANTONIO DOMINGO MONTILLA HERRADOR		NÚMERO DE PLANO 12/33
ESCALA 1:20	TUTOR: ELÍAS LÓPEZ ALBA		
FORMATO A3	MATERIAL: ACERO S275N		

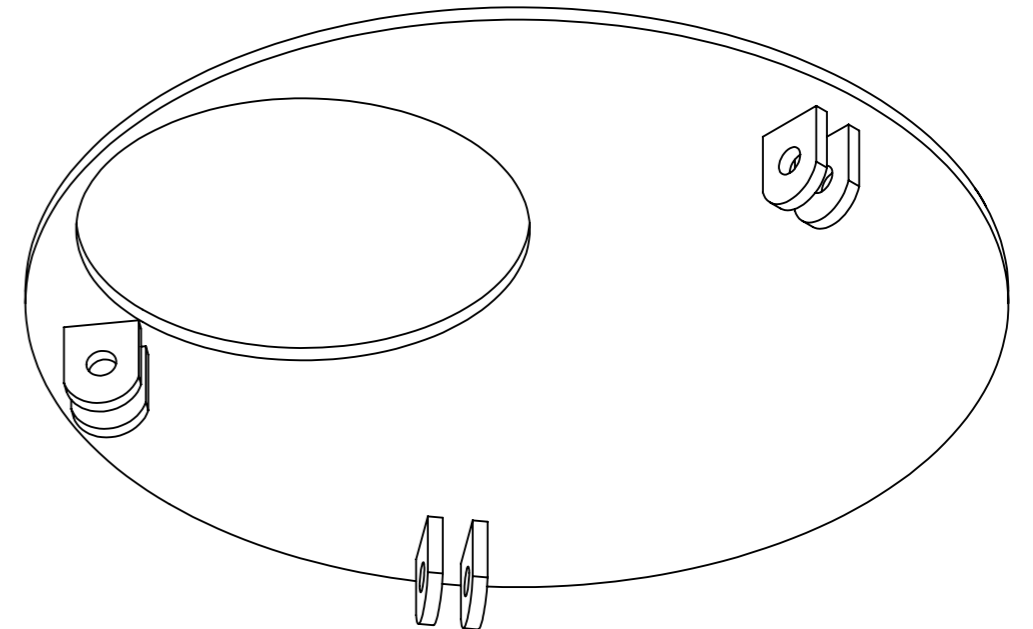
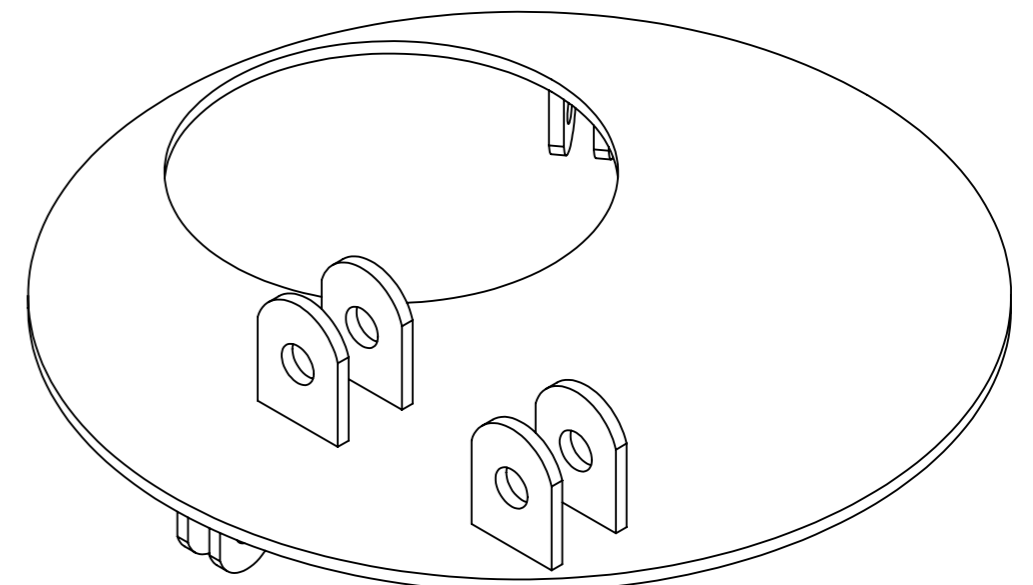
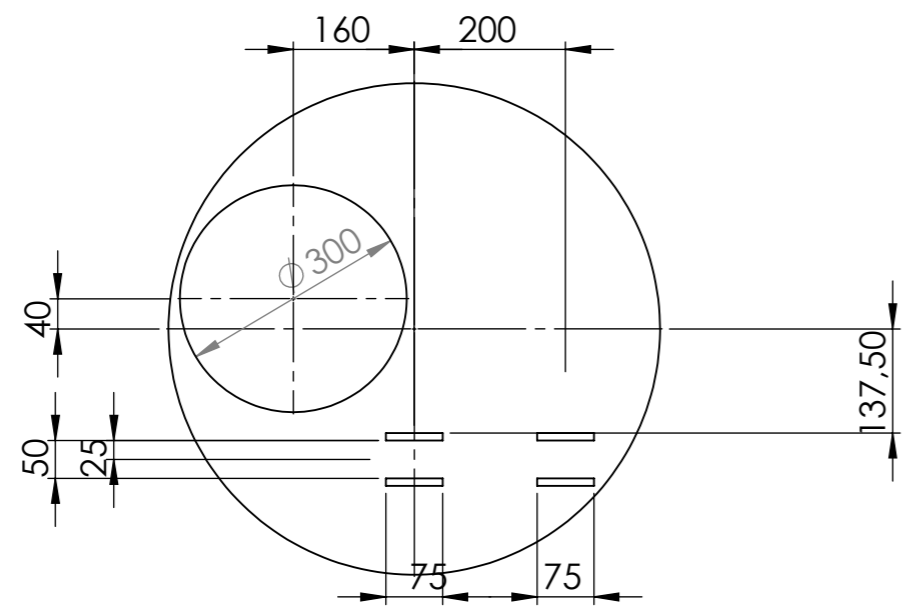
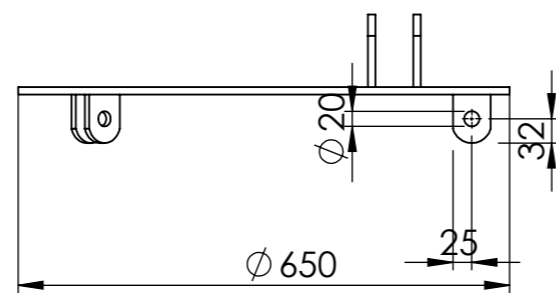
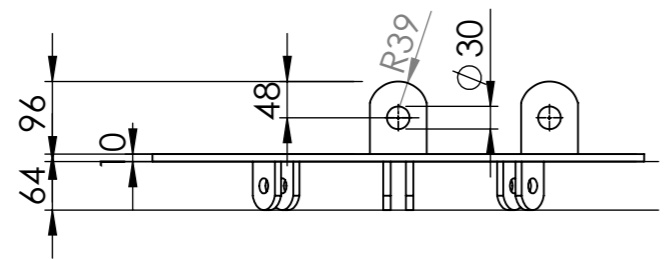
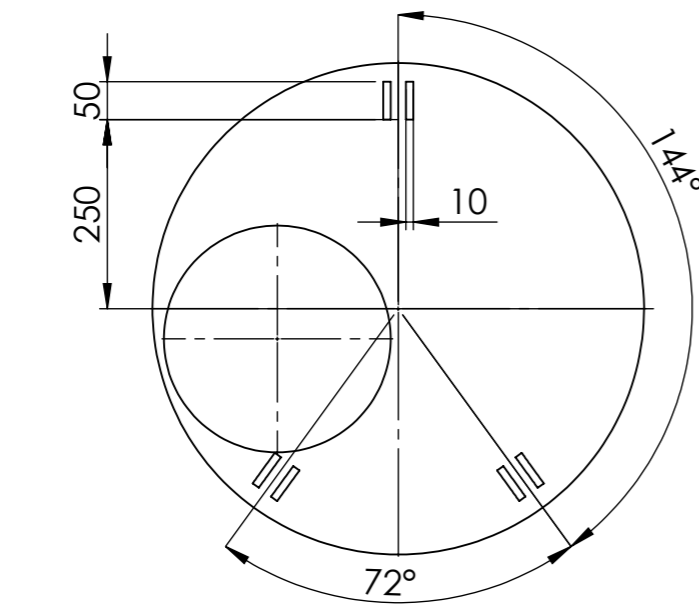


 UNIVERSIDAD DE JAÉN	PROYECTO: SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA	PESO 88 kg
	DENOMINACIÓN: 3. CABEZAL	
FECHA 04/08/2018	AUTOR: ANTONIO DOMINGO MONTILLA HERRADOR	
ESCALA 1:15	TUTOR: ELÍAS LÓPEZ ALBA	 NÚMERO DE PLANO 13/33
FORMATO A3	MATERIAL:	




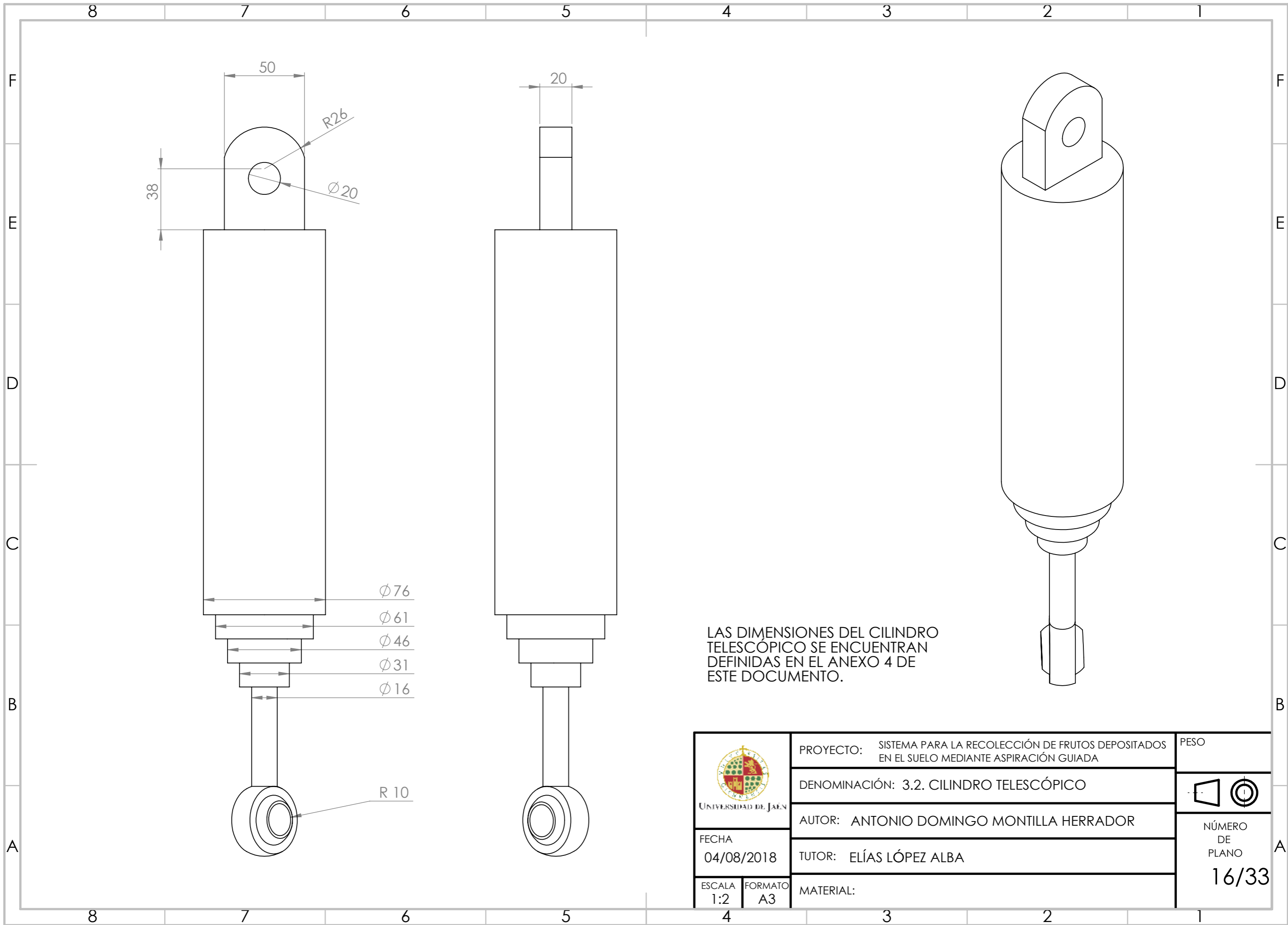
MARCA	DENOMINACIÓN
3.1	SOPORTE DEL CABEZAL
3.2	CILINDRO TELESCÓPICO
3.3	SOPORTE MANGUERA
3.4	CEPILLO

 UNIVERSIDAD DE JAÉN	PROYECTO: SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA	PESO 88 kg	
	DENOMINACIÓN: 3. PARTES DEL CABEZAL		
FECHA 04/08/2018	AUTOR: ANTONIO DOMINGO MONTILLA HERRADOR		NÚMERO DE PLANO 14/33
ESCALA 1:10	FORMATO A3	TUTOR: ELÍAS LÓPEZ ALBA	
MATERIAL: VARIOS			



ESCALA 1:5

 UNIVERSIDAD DE JAÉN	PROYECTO: SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA	PESO 24 kg
	DENOMINACIÓN: 3.1. SOPORTE CABEZAL	
FECHA 04/08/2018	AUTOR: ANTONIO DOMINGO MONTILLA HERRADOR	
ESCALA 1:10	TUTOR: ELÍAS LÓPEZ ALBA	NÚMERO DE PLANO 15/33
FORMATO A3	MATERIAL: ACERO S275N	




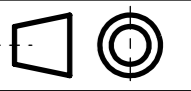
50
 R26
 Ø20
 38

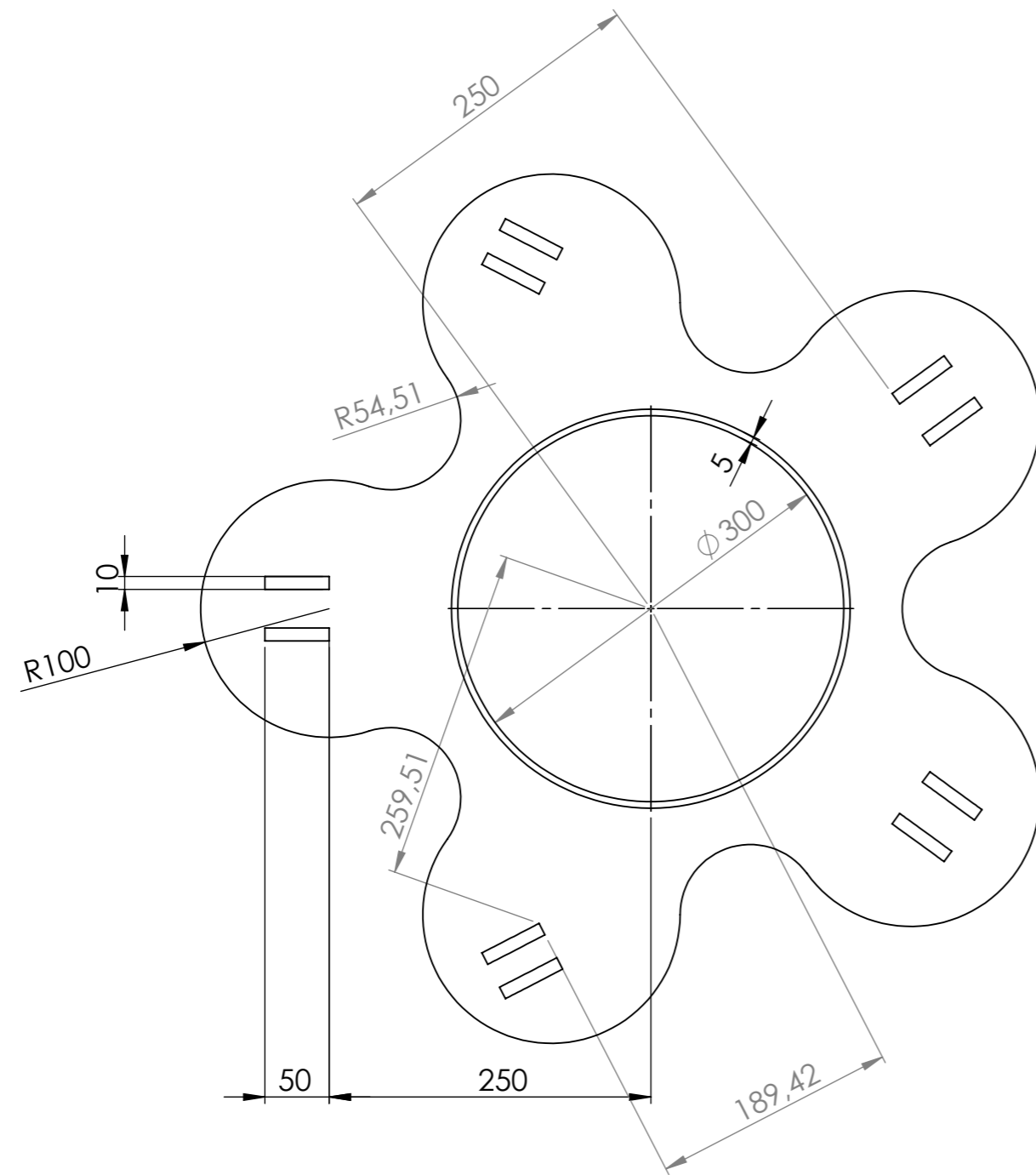
20

Ø76
 Ø61
 Ø46
 Ø31
 Ø16

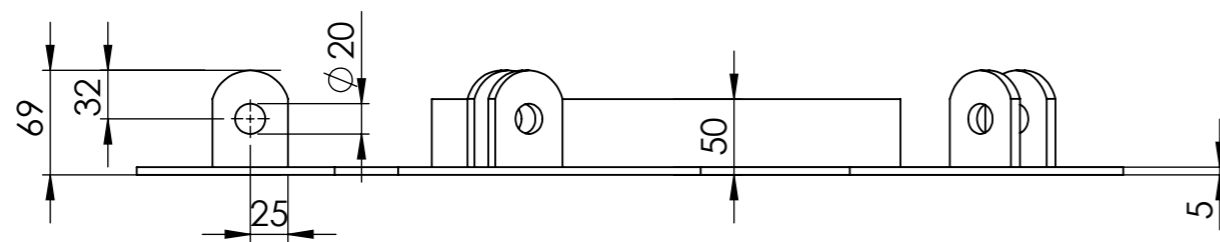
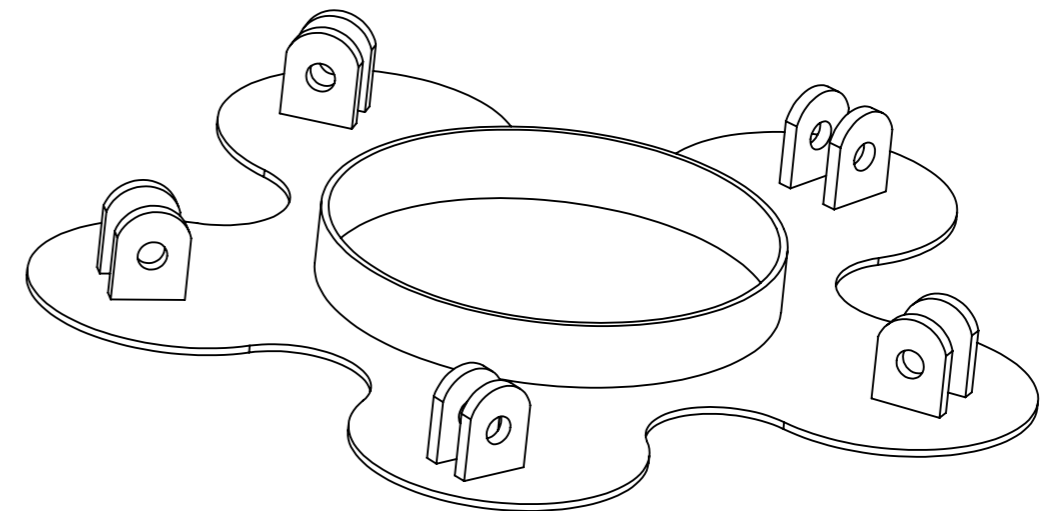
R 10



LAS DIMENSIONES DEL CILINDRO TELESCÓPICO SE ENCUENTRAN DEFINIDAS EN EL ANEXO 4 DE ESTE DOCUMENTO.

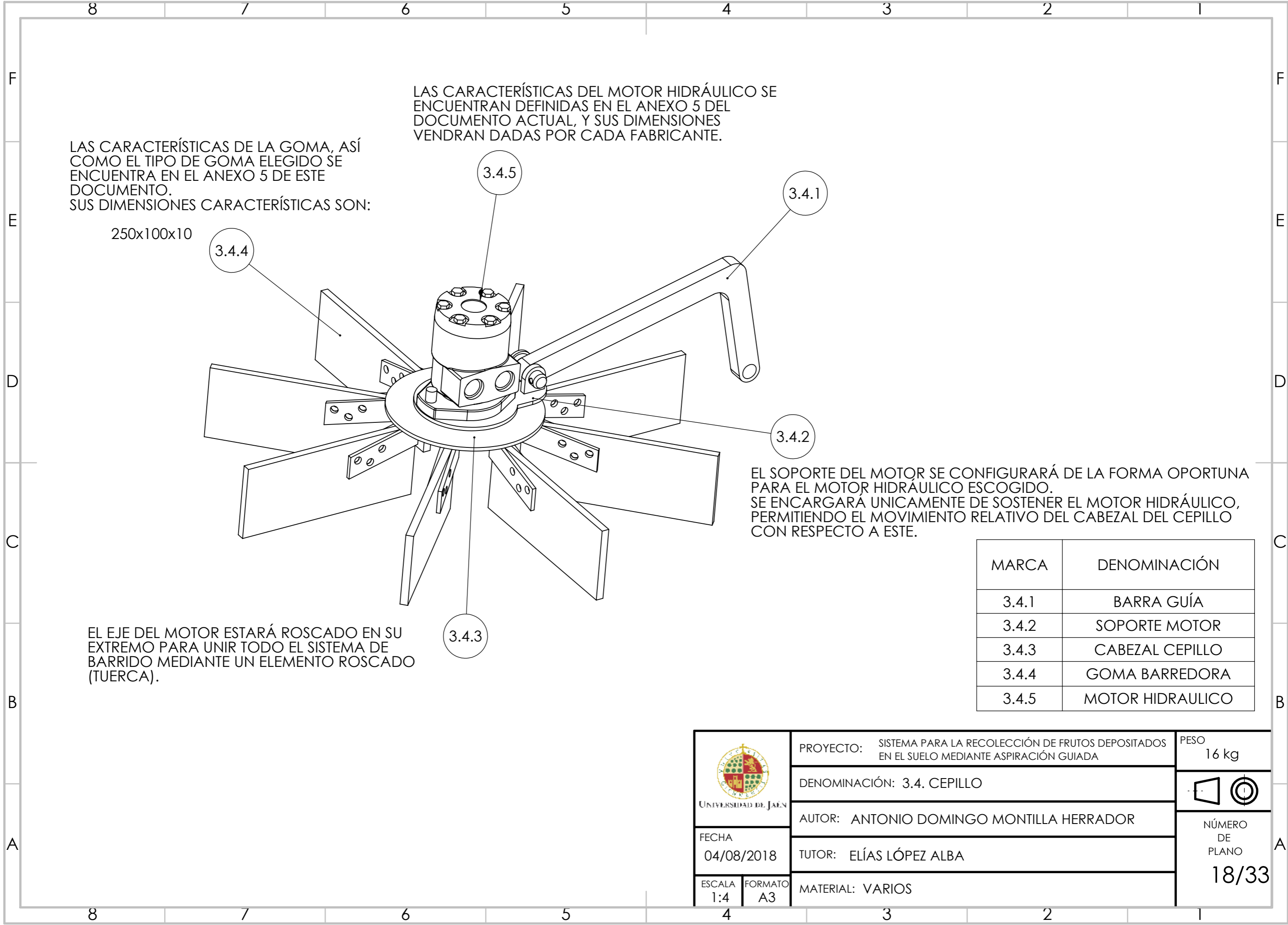
 UNIVERSIDAD DE JAÉN	PROYECTO: SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA	PESO	
	DENOMINACIÓN: 3.2. CILINDRO TELESCÓPICO		
FECHA 04/08/2018	AUTOR: ANTONIO DOMINGO MONTILLA HERRADOR		NÚMERO DE PLANO 16/33
ESCALA 1:2	TUTOR: ELÍAS LÓPEZ ALBA	MATERIAL:	
FORMATO A3			



LA ORIENTACIÓN DE LAS PLETINAS DEPENDE DE LAS DIMENSIONES DEL CEPILLO BARREDOR, POR LO QUE EN EL MOMENTO DE SU FABRICACIÓN DEBE CONOCERSE PREVIAMENTE EL CEPILLO QUE SE INSTALARÁ. AQUÍ SE MUESTRAN LAS DIMENSIONES ACORDE EL CEPILLO ELEGIDO EN EL ANEXO 5 DE ESTE DOCUMENTO.



 UNIVERSIDAD DE JAÉN	PROYECTO: SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA	PESO 11 kg
	DENOMINACIÓN: 3.3. SOPORTE MANGUERA	
FECHA 04/08/2018	AUTOR: ANTONIO DOMINGO MONTILLA HERRADOR	NÚMERO DE PLANO 17/33
ESCALA 1:5	TUTOR: ELÍAS LÓPEZ ALBA	
FORMATO A3	MATERIAL: ACERO S275N	



LAS CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR HIDRÁULICO SE ENCUENTRAN DEFINIDAS EN EL ANEXO 5 DEL DOCUMENTO ACTUAL, Y SUS DIMENSIONES VENDRAN DADAS POR CADA FABRICANTE.

LAS CARACTERÍSTICAS DE LA GOMA, ASÍ COMO EL TIPO DE GOMA ELEGIDO SE ENCUENTRA EN EL ANEXO 5 DE ESTE DOCUMENTO. SUS DIMENSIONES CARACTERÍSTICAS SON:

250x100x10

3.4.4

3.4.5

3.4.1



3.4.2

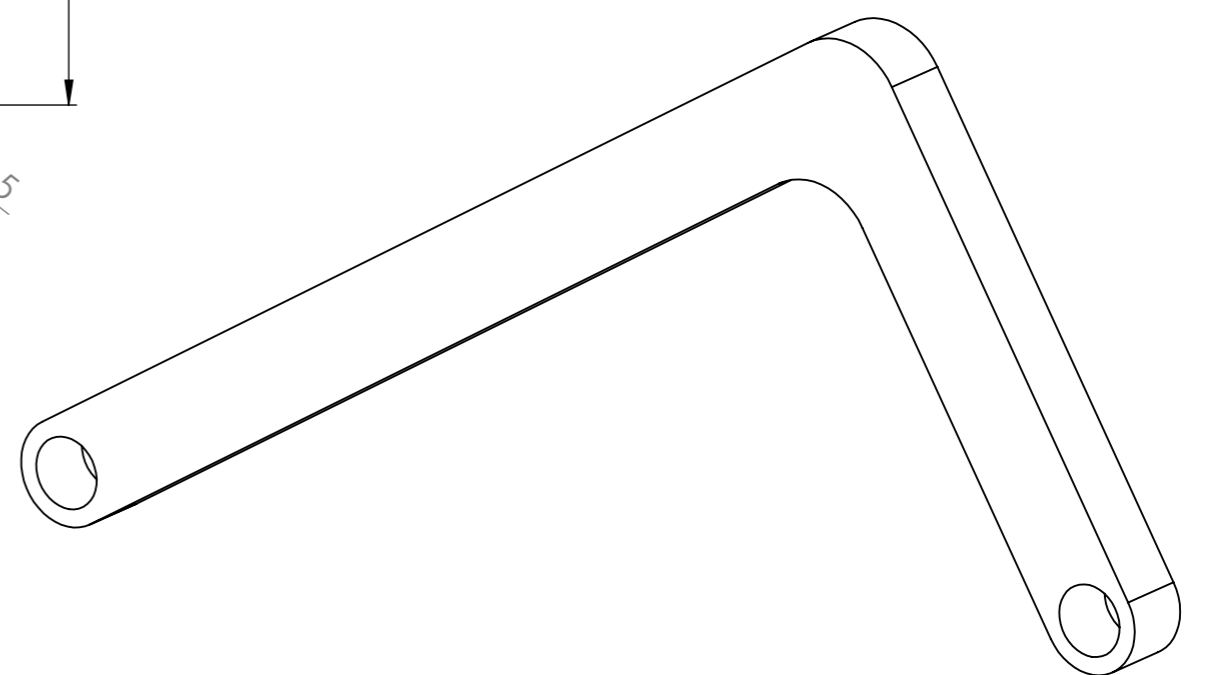
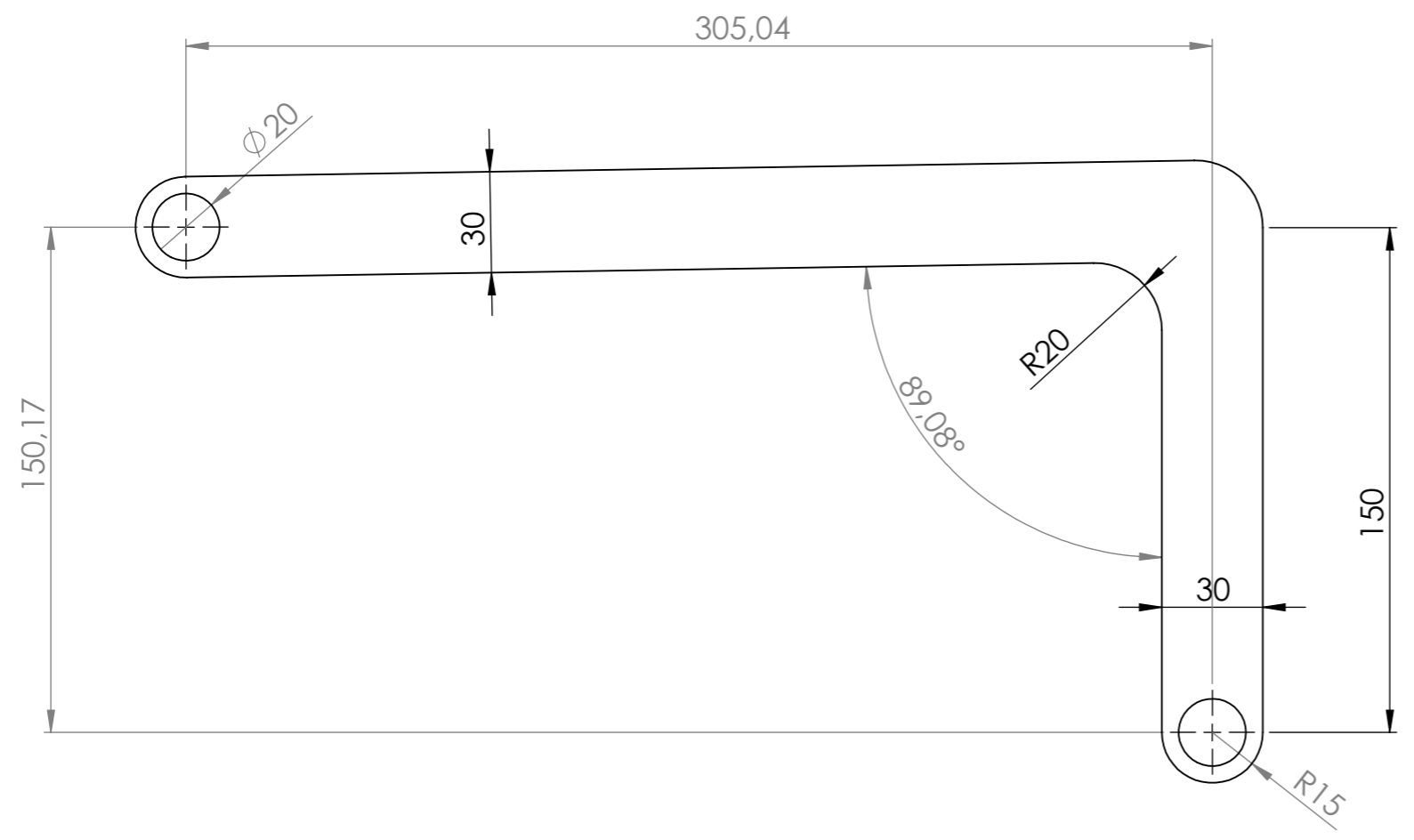
EL SOPORTE DEL MOTOR SE CONFIGURARÁ DE LA FORMA OPORTUNA PARA EL MOTOR HIDRÁULICO ESCOGIDO. SE ENCARGARÁ ÚNICAMENTE DE SOSTENER EL MOTOR HIDRÁULICO, PERMITIENDO EL MOVIMIENTO RELATIVO DEL CABEZAL DEL CEPILLO CON RESPECTO A ESTE.


3.4.3

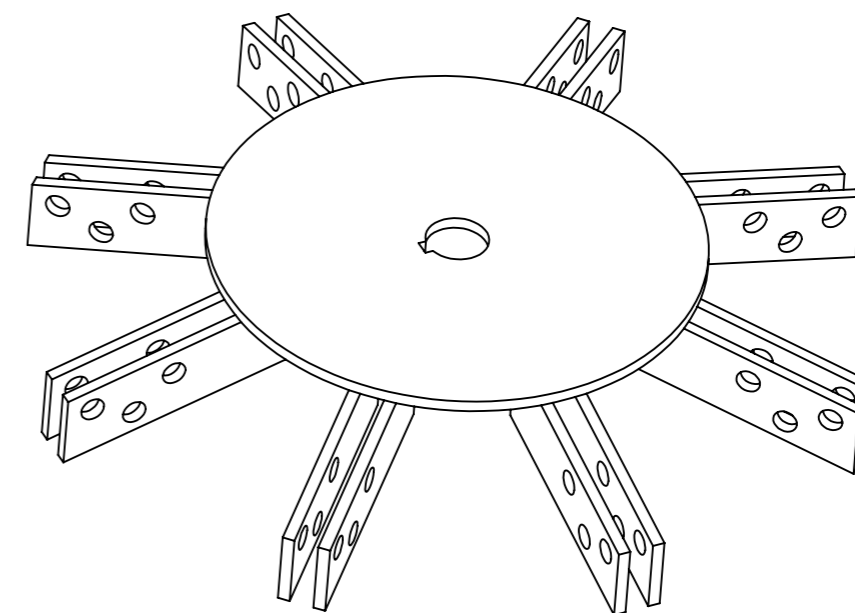
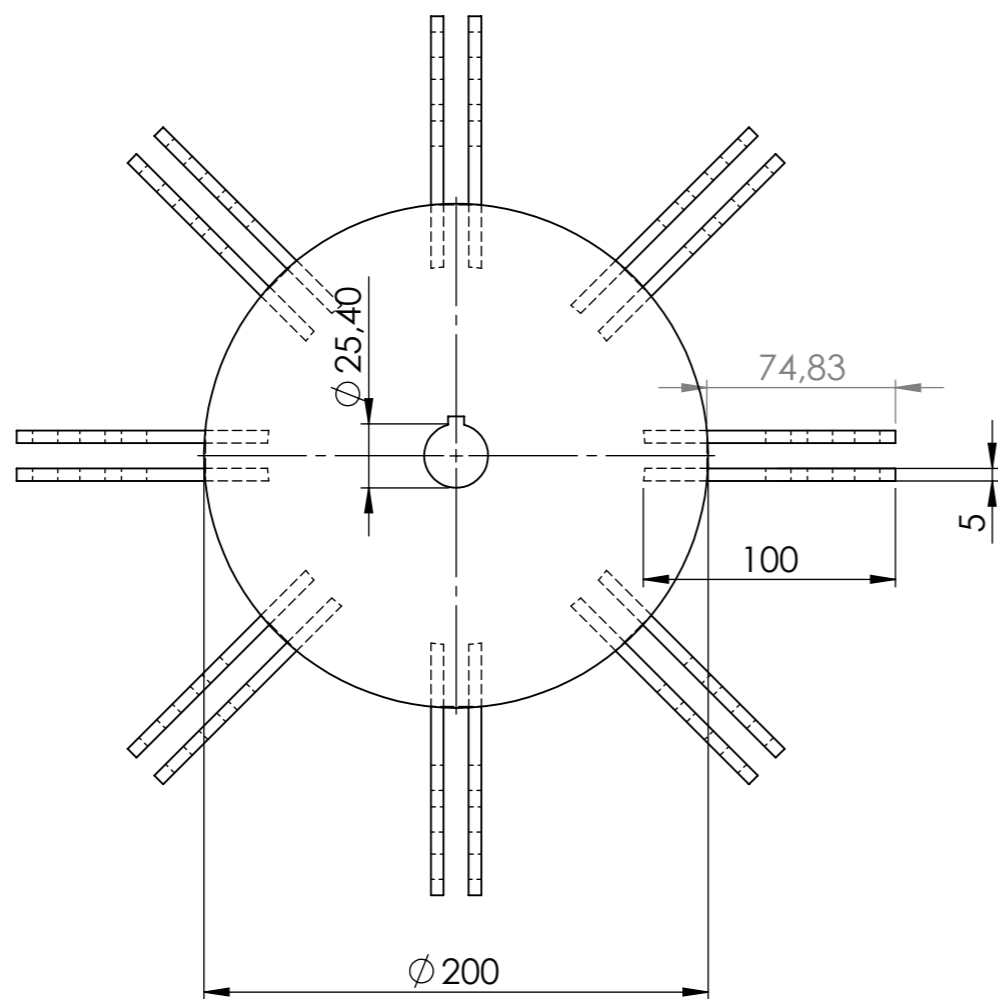
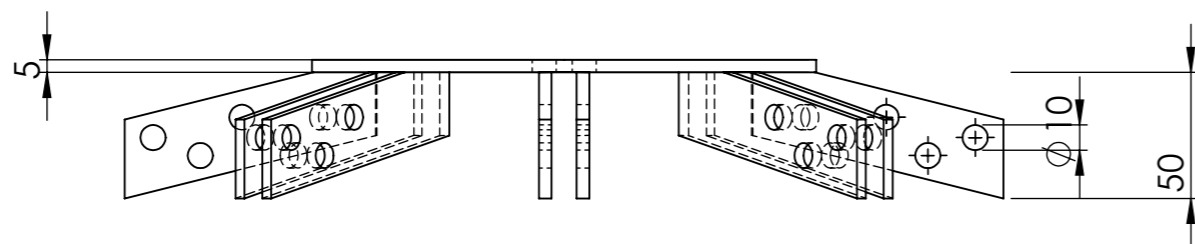
EL EJE DEL MOTOR ESTARÁ ROSCADO EN SU EXTREMO PARA UNIR TODO EL SISTEMA DE BARRIDO MEDIANTE UN ELEMENTO ROSCADO (TUERCA).

MARCA	DENOMINACIÓN
3.4.1	BARRA GUÍA
3.4.2	SOPORTE MOTOR
3.4.3	CABEZAL CEPILLO
3.4.4	GOMA BARREDORA
3.4.5	MOTOR HIDRAULICO


 UNIVERSIDAD DE JAÉN	PROYECTO: SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA	PESO 16 kg
	DENOMINACIÓN: 3.4. CEPILLO	
FECHA 04/08/2018	AUTOR: ANTONIO DOMINGO MONTILLA HERRADOR	
ESCALA 1:4	TUTOR: ELÍAS LÓPEZ ALBA	 NÚMERO DE PLANO 18/33
FORMATO A3	MATERIAL: VARIOS	

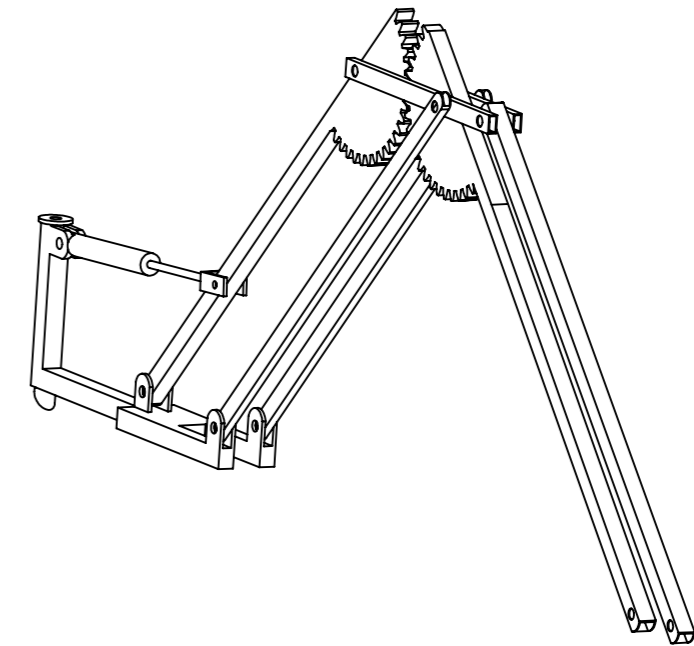
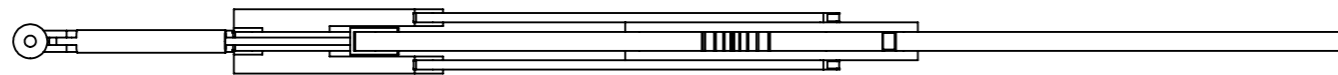
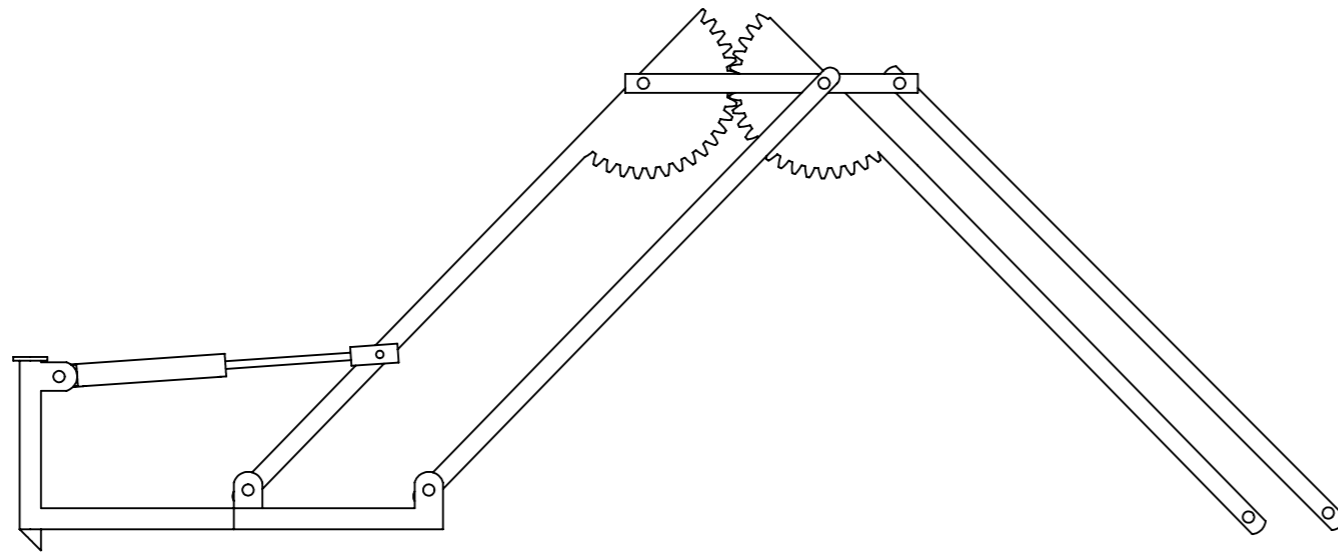




 UNIVERSIDAD DE JAÉN	PROYECTO: SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA	PESO 2,16 kg
	DENOMINACIÓN: 3.4.1. BARRA GUÍA	
FECHA 04/08/2018	AUTOR: ANTONIO DOMINGO MONTILLA HERRADOR	
ESCALA 1:2	TUTOR: ELÍAS LÓPEZ ALBA	
FORMATO A3	MATERIAL: ACERO S275N	
		NÚMERO DE PLANO 19/33

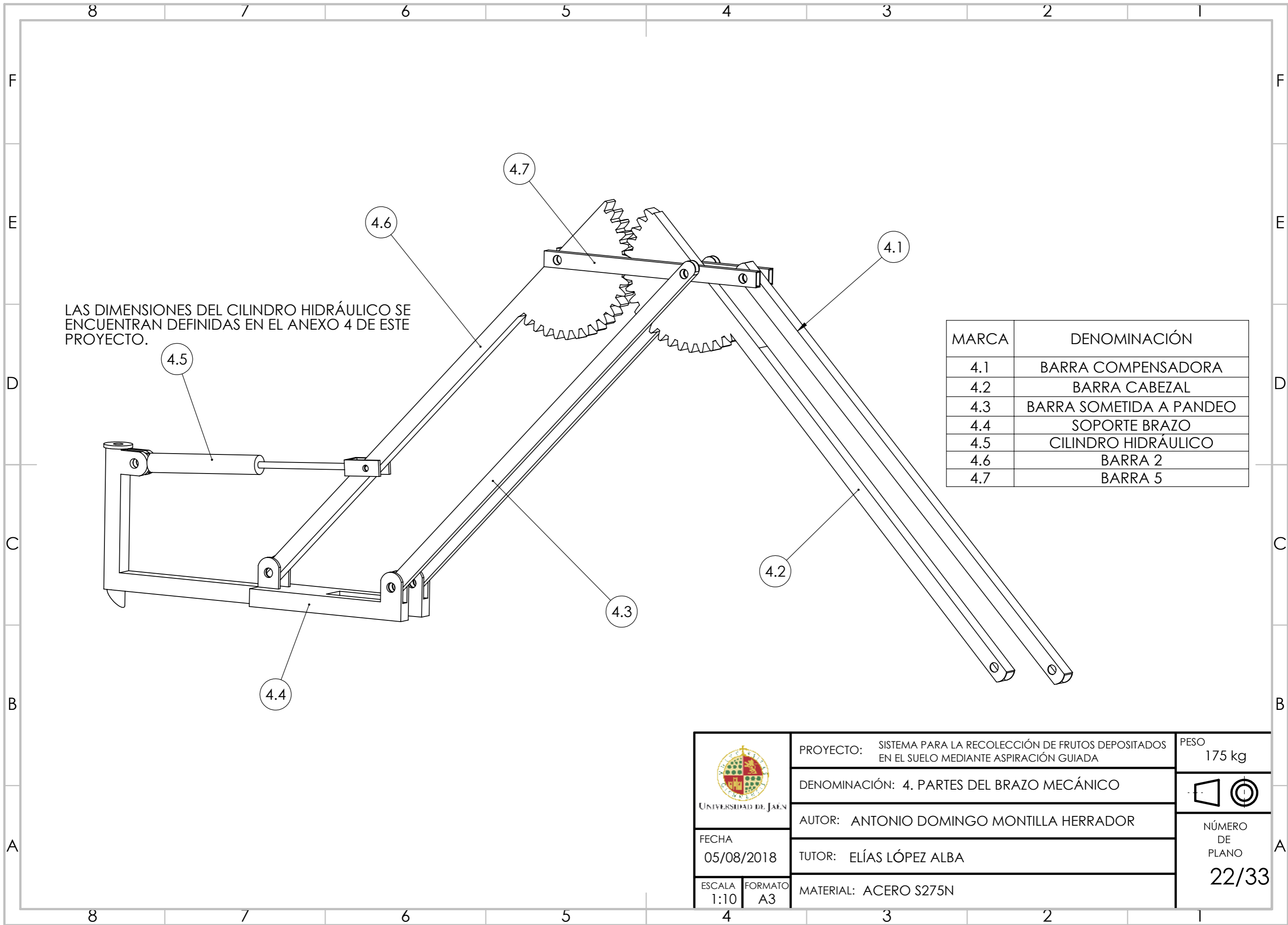


LOS AGUJEROS PARA UNIR LA GOMA SON ORIENTATIVOS, SIN EMBARGO DEBEN COINCIDIR CON LOS AGUJEROS REALIZADOS A LA GOMA PARA SU ANCLAJE.

 UNIVERSIDAD DE JAÉN	PROYECTO: SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA	PESO 3 kg
	DENOMINACIÓN: 3.4.3. CABEZAL RODILLO	
FECHA 04/08/2018	AUTOR: ANTONIO DOMINGO MONTILLA HERRADOR	
ESCALA 1:3	TUTOR: ELÍAS LÓPEZ ALBA	
FORMATO A3	MATERIAL: ACERO S275N	
		NÚMERO DE PLANO 20/33



 UNIVERSIDAD DE JAÉN	PROYECTO: SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA	PESO 175 kg
	DENOMINACIÓN: 4. BRAZO MECÁNICO	
FECHA 04/08/2018	AUTOR: ANTONIO DOMINGO MONTILLA HERRADOR	NÚMERO DE PLANO 21/33
ESCALA 1:20	TUTOR: ELÍAS LÓPEZ ALBA	
FORMATO A3	MATERIAL: ACERO S275N	



LAS DIMENSIONES DEL CILINDRO HIDRÁULICO SE ENCUENTRAN DEFINIDAS EN EL ANEXO 4 DE ESTE PROYECTO.

MARCA	DENOMINACIÓN
4.1	BARRA COMPENSADORA
4.2	BARRA CABEZAL
4.3	BARRA SOMETIDA A PANDEO
4.4	SOPORTE BRAZO
4.5	CILINDRO HIDRÁULICO
4.6	BARRA 2
4.7	BARRA 5



FECHA
05/08/2018

ESCALA
1:10

FORMATO
A3

PROYECTO: SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

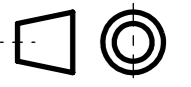
DENOMINACIÓN: 4. PARTES DEL BRAZO MECÁNICO

AUTOR: ANTONIO DOMINGO MONTILLA HERRADOR

TUTOR: ELÍAS LÓPEZ ALBA

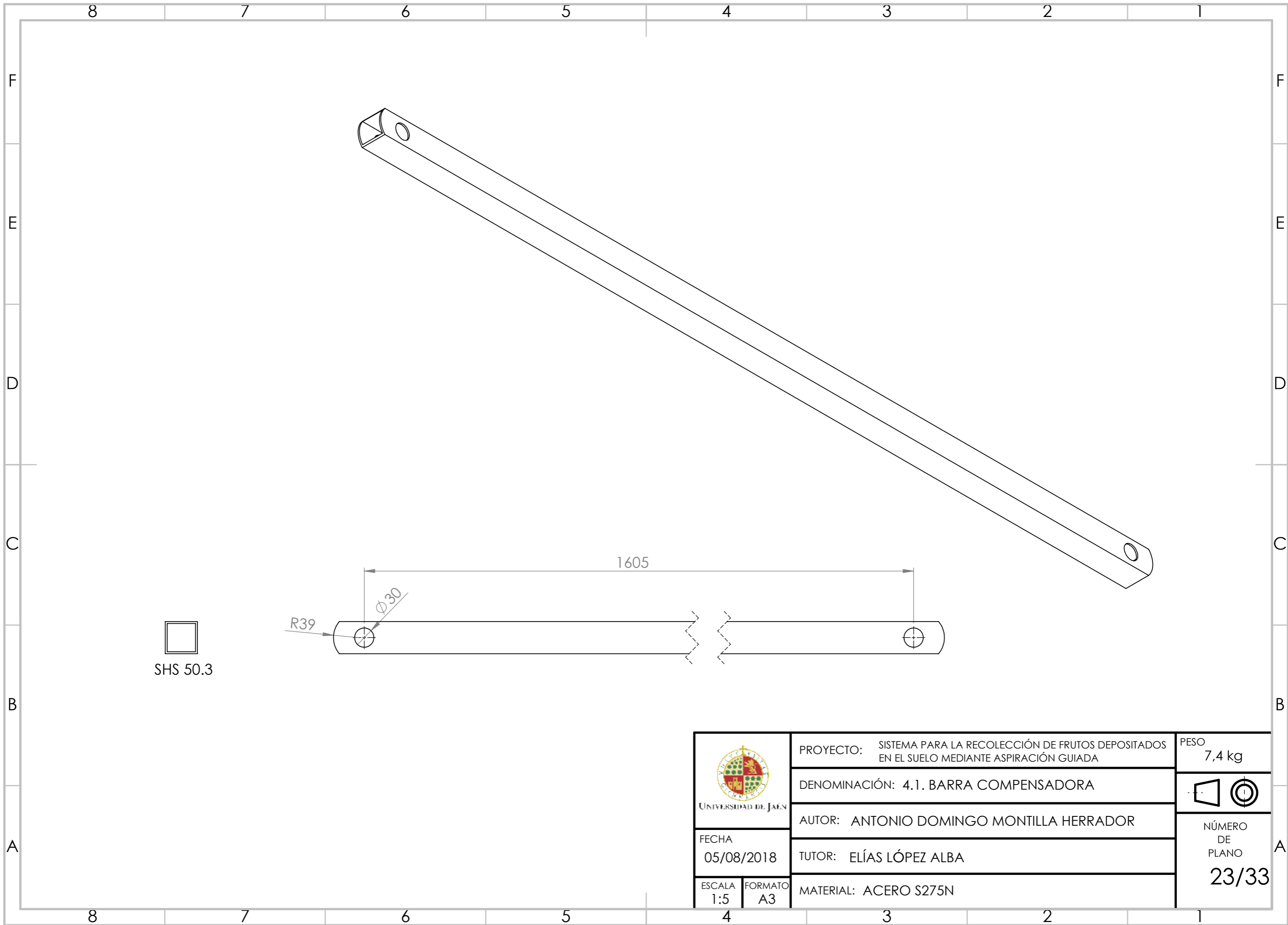
MATERIAL: ACERO S275N

PESO
175 kg




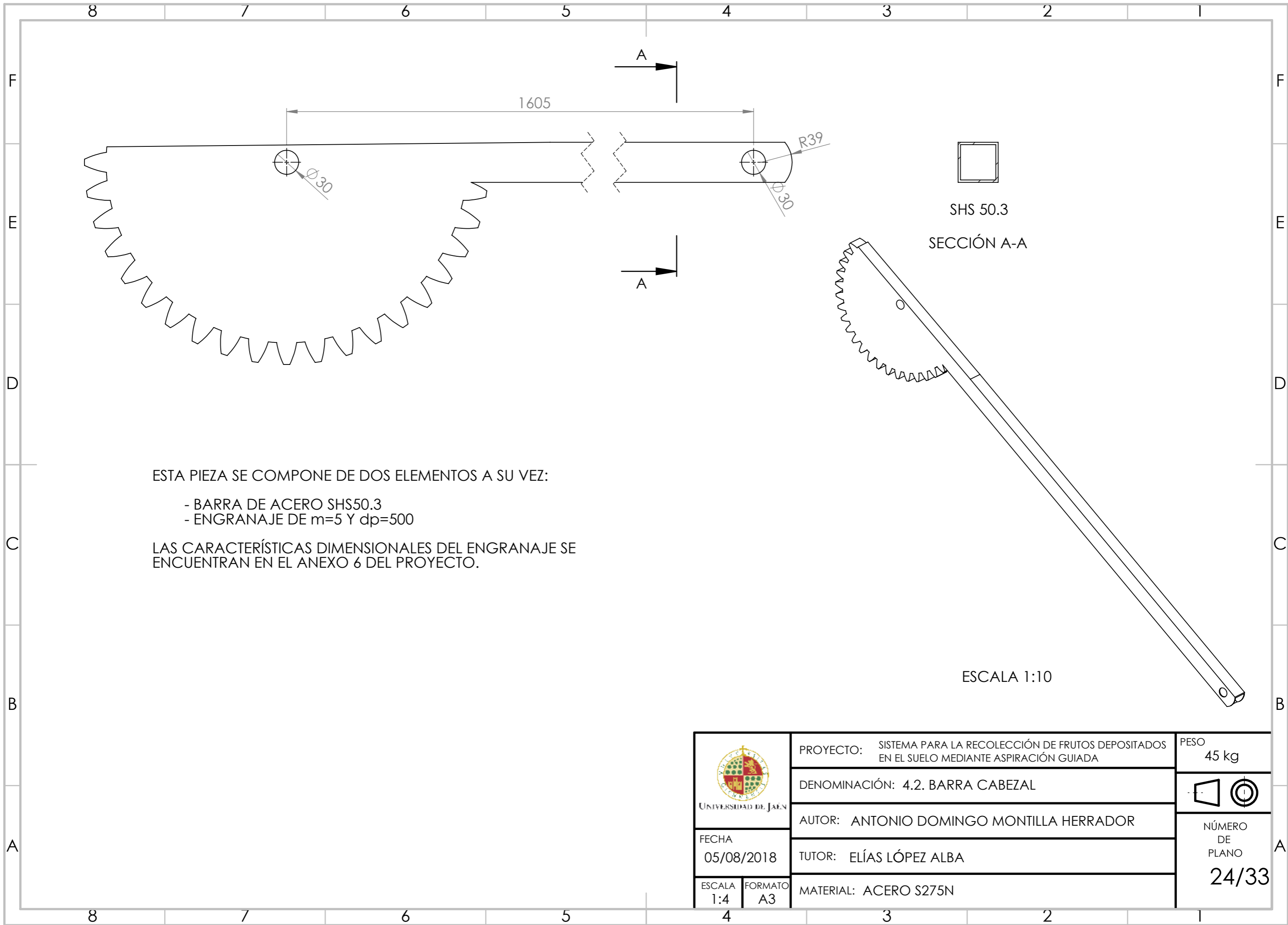
NÚMERO DE PLANO

22/33



SHS 50.3

 UNIVERSIDAD DE JAÉN	PROYECTO: SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA	PESO 7,4 kg
	DENOMINACIÓN: 4.1. BARRA COMPENSADORA	
FECHA 05/08/2018	AUTOR: ANTONIO DOMINGO MONTILLA HERRADOR	
ESCALA 1:5	TUTOR: ELÍAS LÓPEZ ALBA	
FORMATO A3	MATERIAL: ACERO S275N	
		NÚMERO DE PLANO 23/33





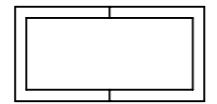
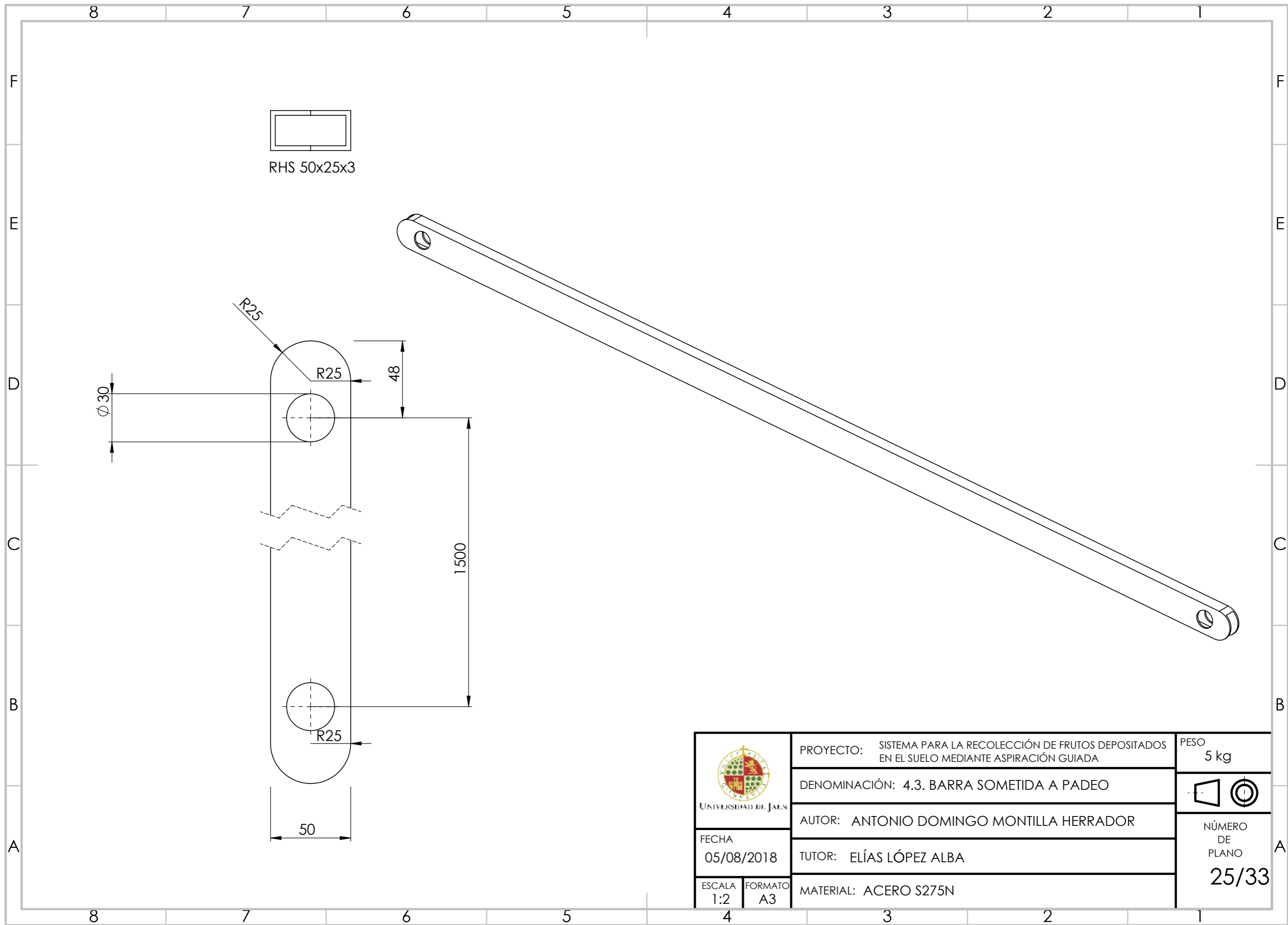
ESTA PIEZA SE COMPONE DE DOS ELEMENTOS A SU VEZ:

- BARRA DE ACERO SHS50.3
- ENGRANAJE DE $m=5$ Y $dp=500$

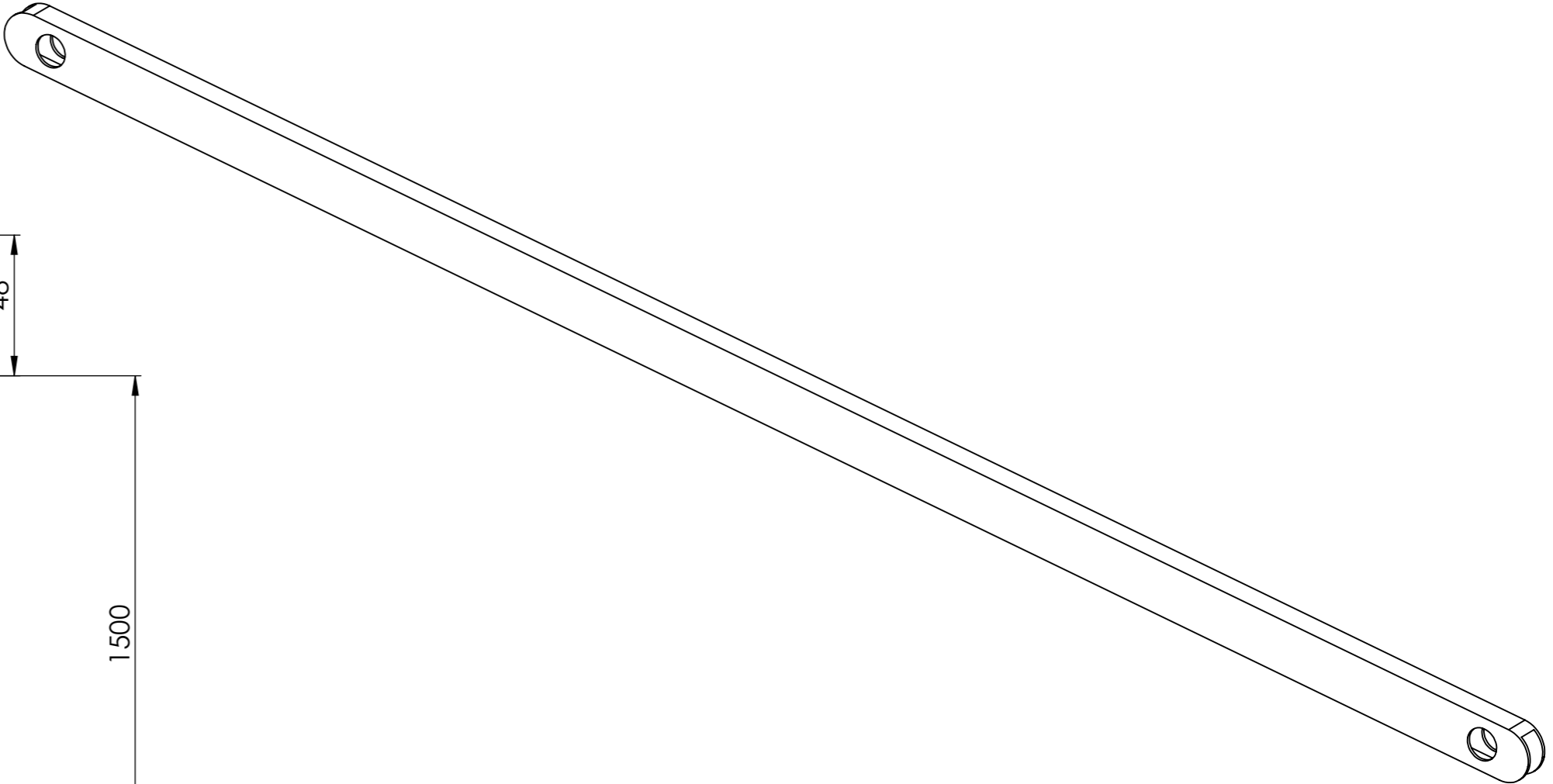
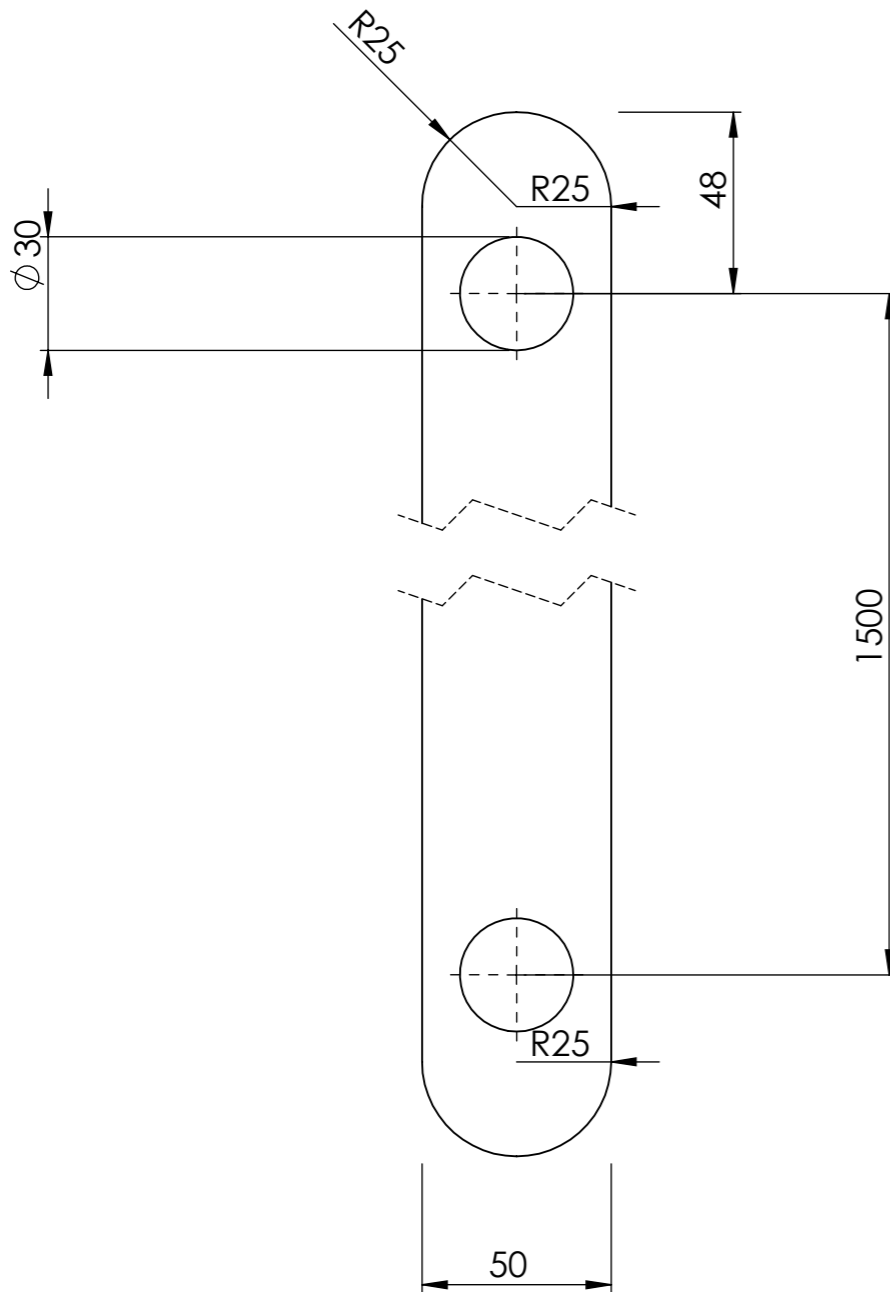
LAS CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES DEL ENGRANAJE SE ENCUENTRAN EN EL ANEXO 6 DEL PROYECTO.



ESCALA 1:10

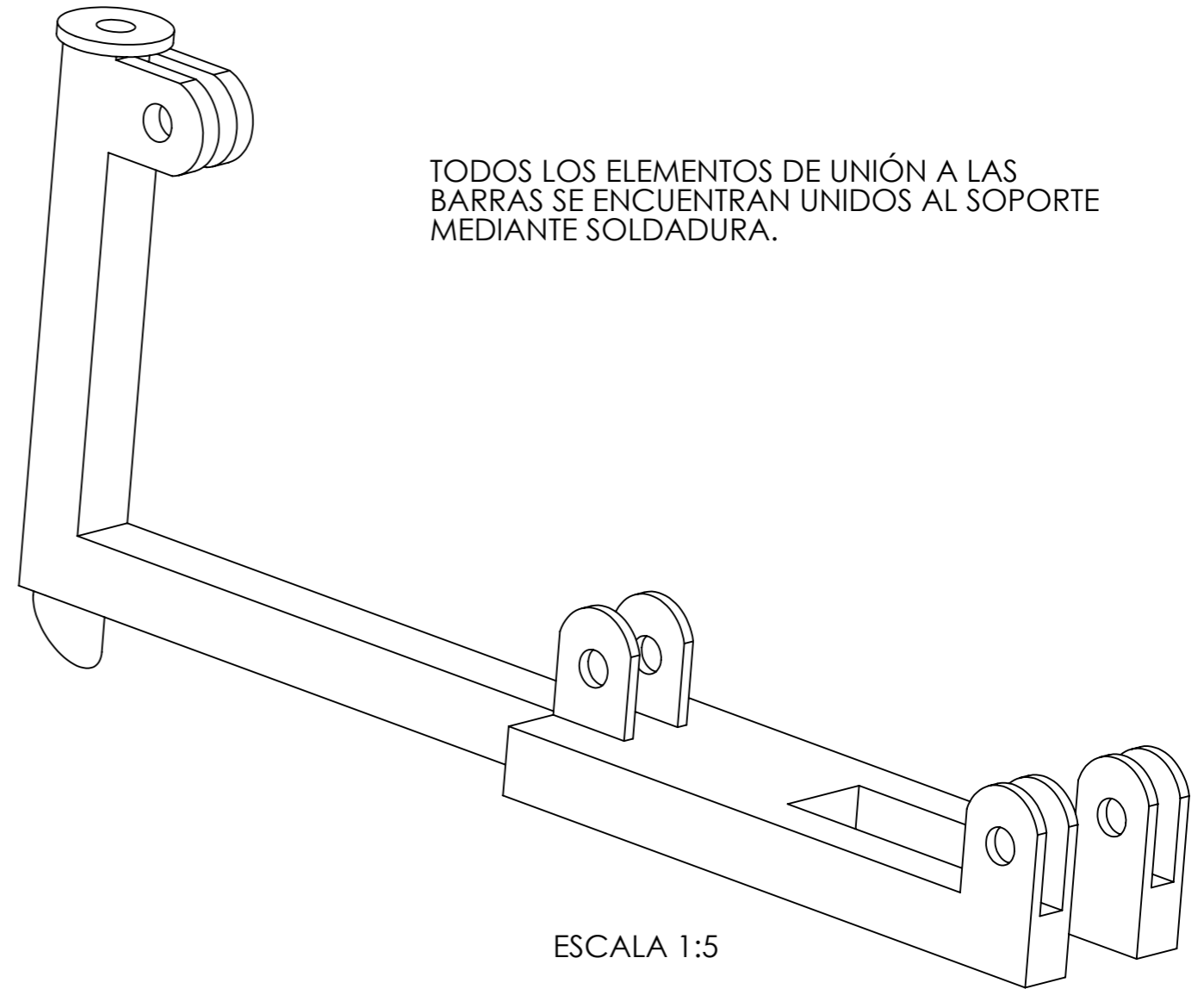
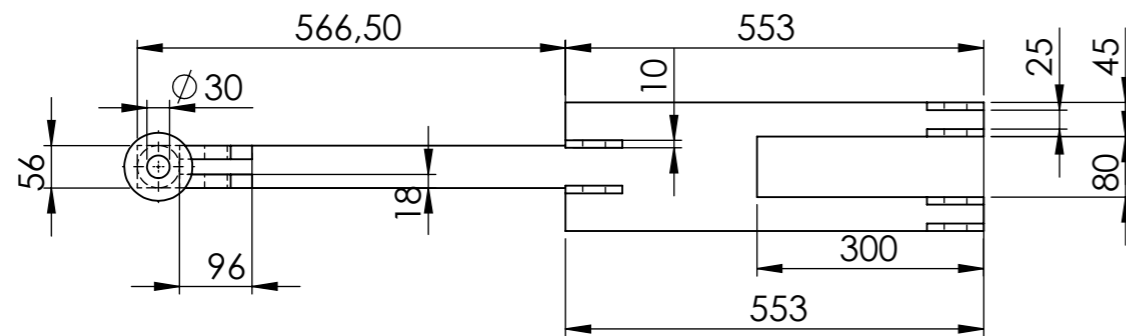
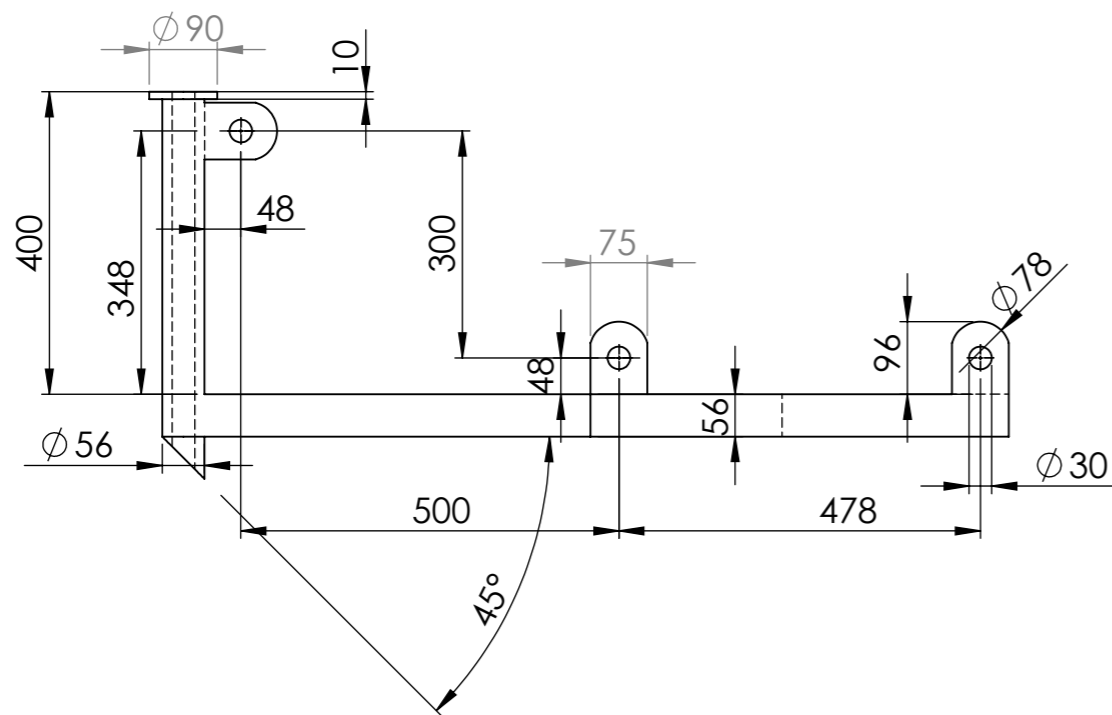
 UNIVERSIDAD DE JAÉN	PROYECTO: SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA	PESO 45 kg
	DENOMINACIÓN: 4.2. BARRA CABEZAL	
FECHA 05/08/2018	AUTOR: ANTONIO DOMINGO MONTILLA HERRADOR	NÚMERO DE PLANO 24/33
ESCALA 1:4	TUTOR: ELÍAS LÓPEZ ALBA	
FORMATO A3	MATERIAL: ACERO S275N	




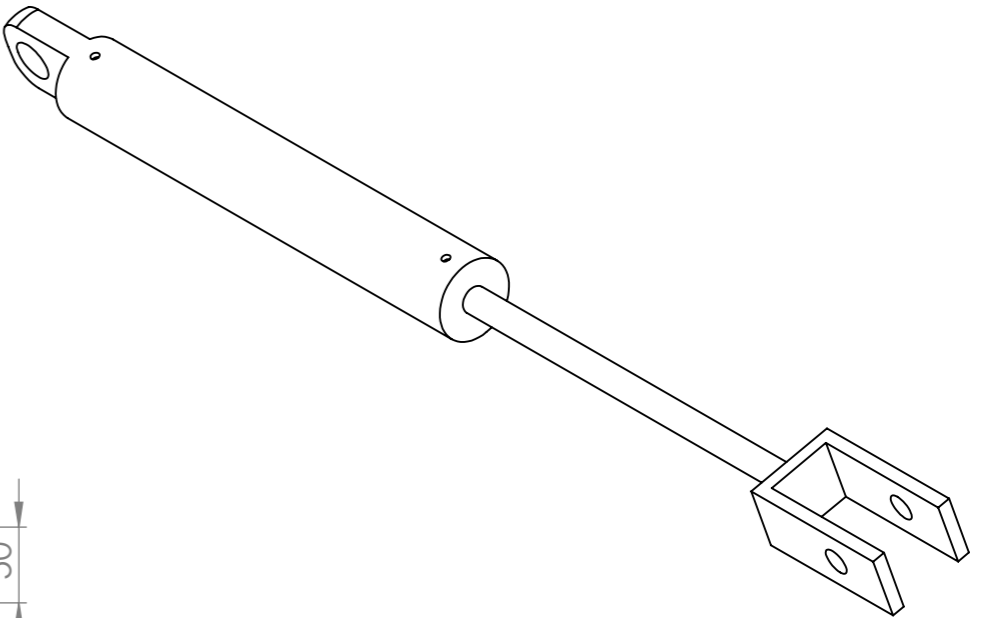
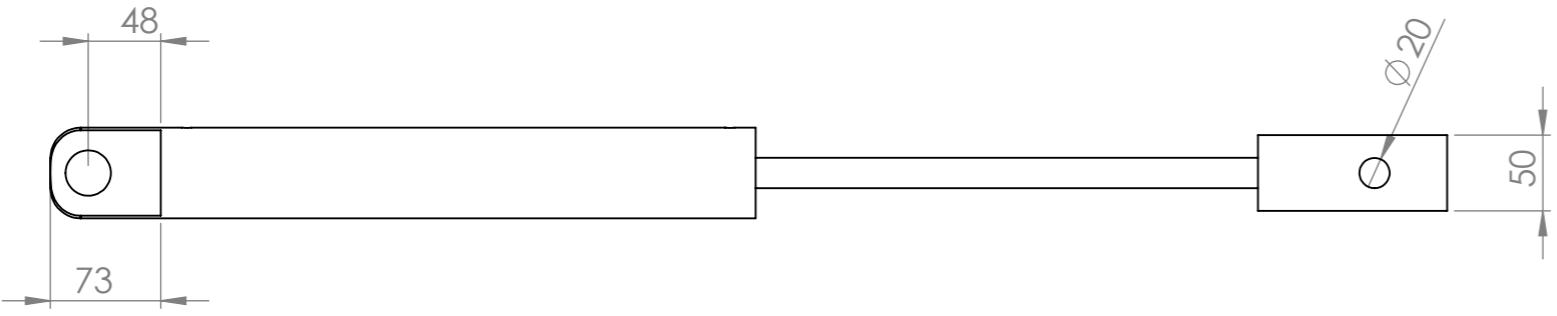
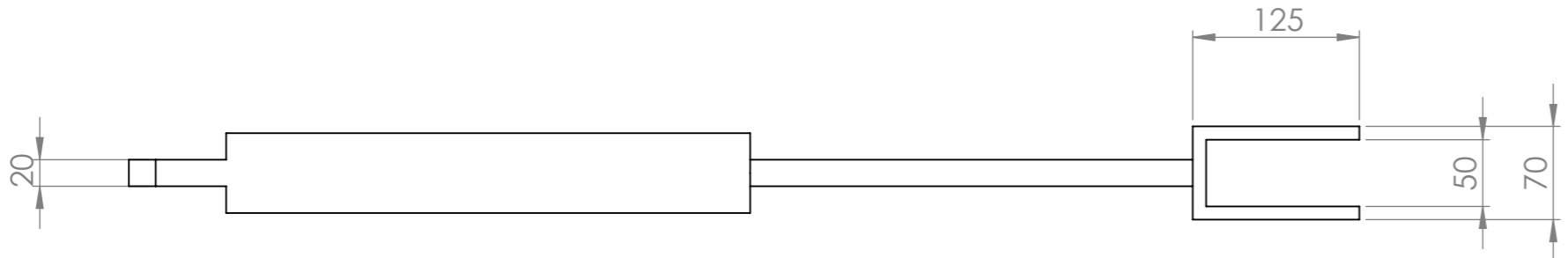
RHS 50x25x3





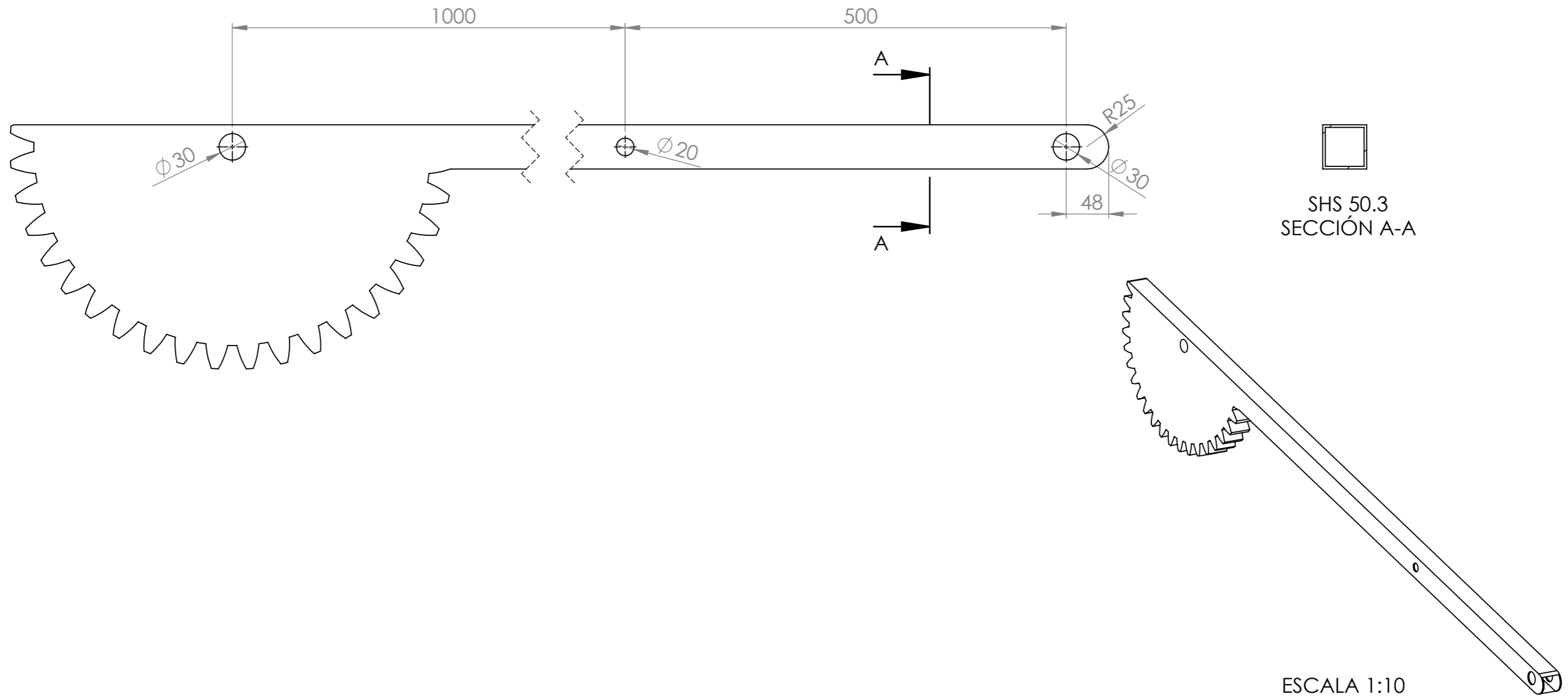
 UNIVERSIDAD DE JAÉN	PROYECTO: SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA	PESO 5 kg
	DENOMINACIÓN: 4.3. BARRA SOMETIDA A PADEO	
FECHA 05/08/2018	AUTOR: ANTONIO DOMINGO MONTILLA HERRADOR	NÚMERO DE PLANO 25/33
ESCALA 1:2	FORMATO A3	TUTOR: ELÍAS LÓPEZ ALBA MATERIAL: ACERO S275N





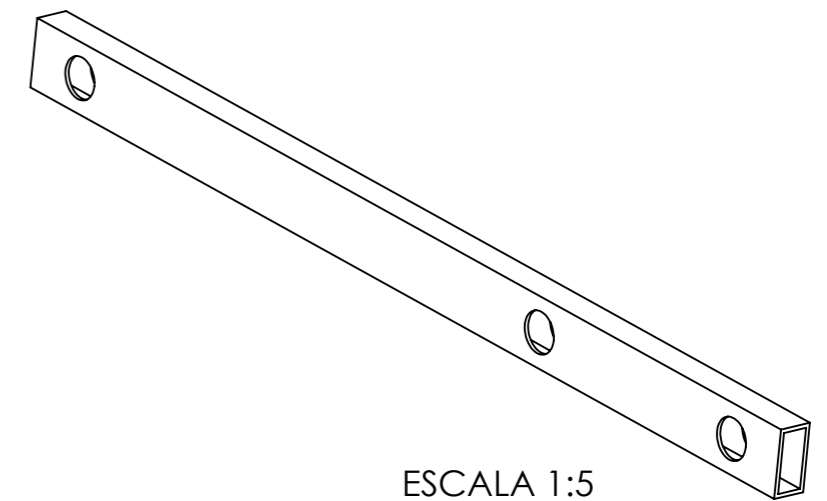
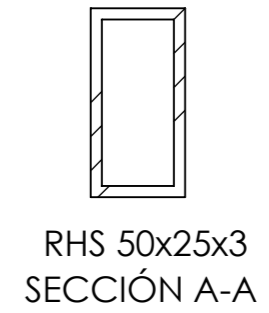
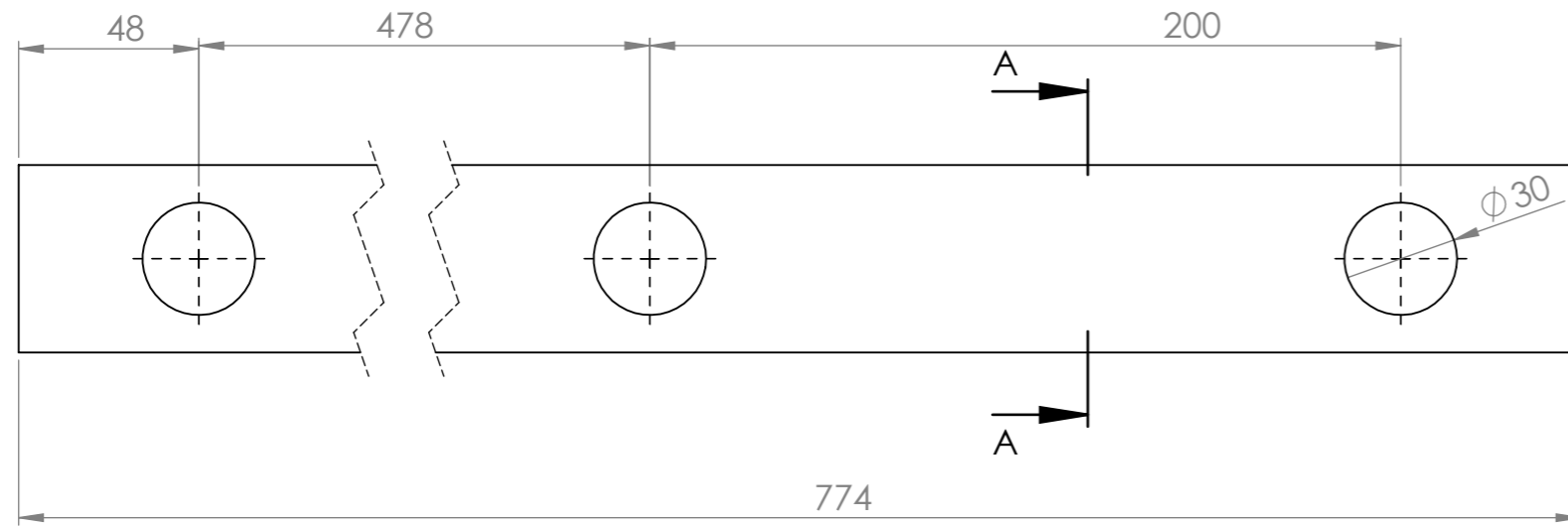
 UNIVERSIDAD DE JAÉN	PROYECTO: SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA	PESO 57 kg
	DENOMINACIÓN: 4.4. SOPORTE BRAZO	
FECHA 05/08/2018	AUTOR: ANTONIO DOMINGO MONTILLA HERRADOR	
ESCALA 1:10	TUTOR: ELÍAS LÓPEZ ALBA	NÚMERO DE PLANO 26/33
FORMATO A3	MATERIAL: ACERO S275N	





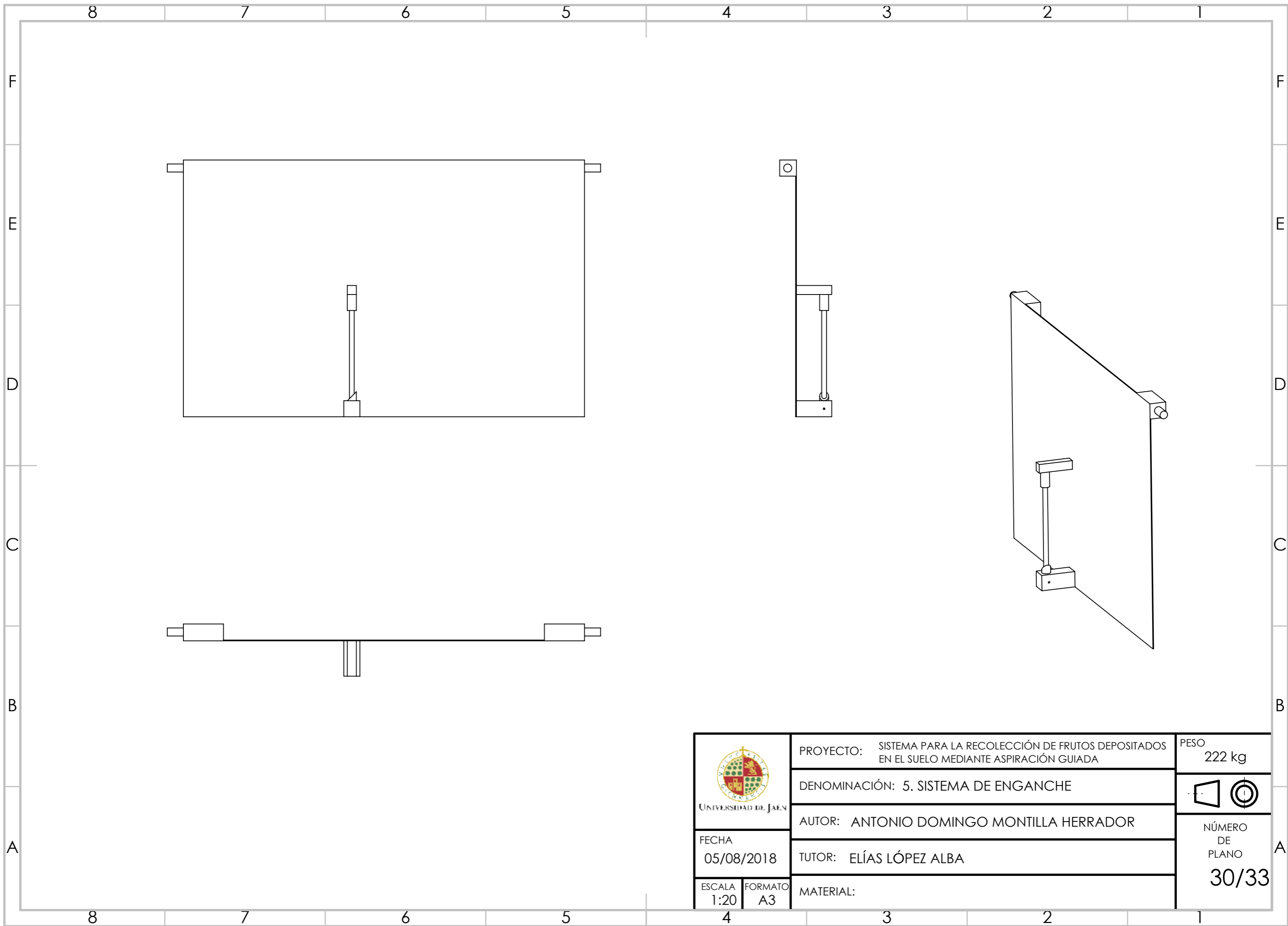
 UNIVERSIDAD DE JAÉN	PROYECTO: SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA	PESO
	DENOMINACIÓN: 4.5. CILINDRO HIDRÁULICO	
FECHA 05/08/2018	AUTOR: ANTONIO DOMINGO MONTILLA HERRADOR	NÚMERO DE PLANO 27/33
ESCALA 1:5	TUTOR: ELÍAS LÓPEZ ALBA	
FORMATO A3	MATERIAL: ACERO S275N	





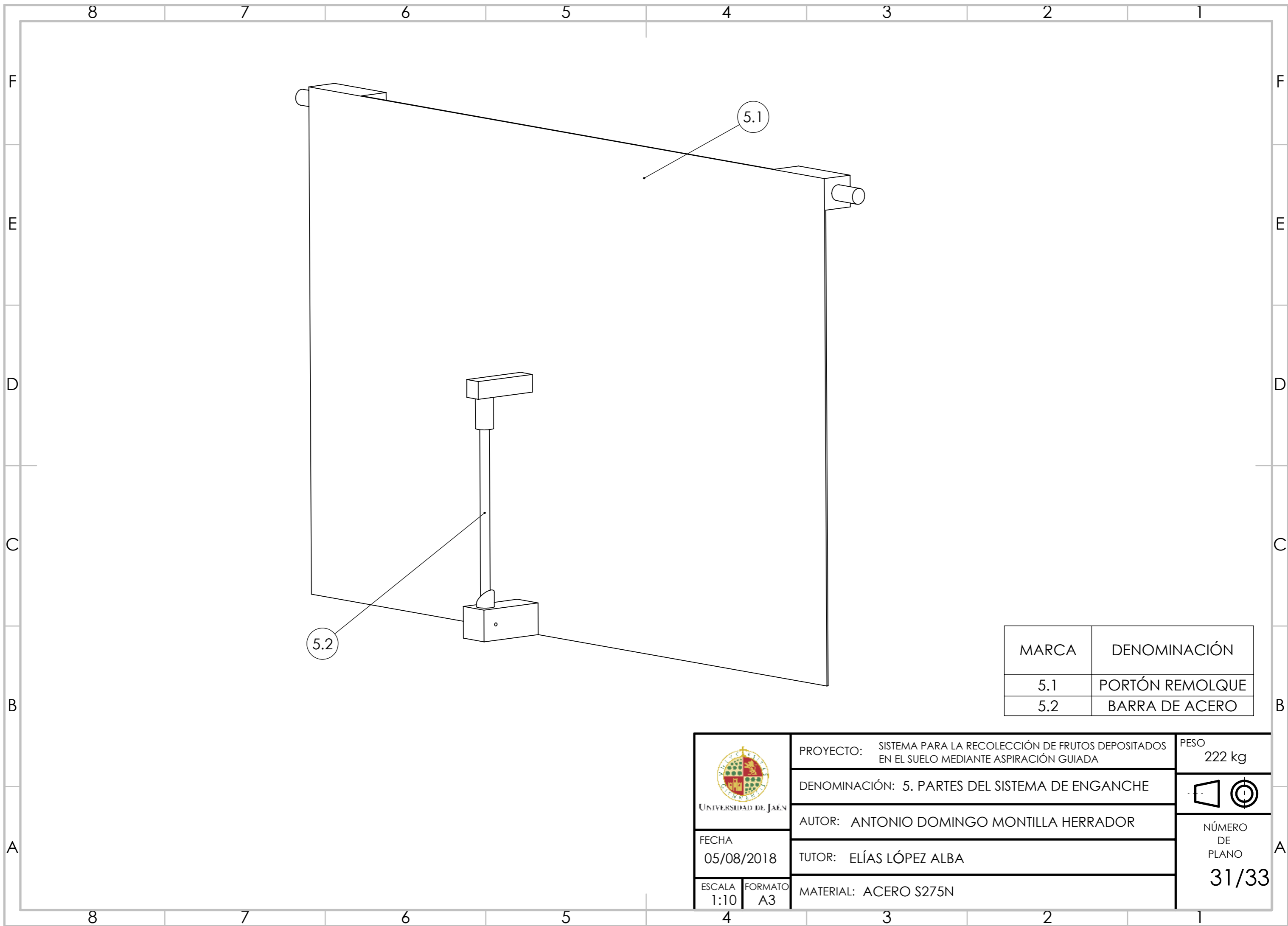
 UNIVERSIDAD DE JAÉN	PROYECTO: SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA	PESO 46 kg
	DENOMINACIÓN: 4.6. BARRA 2	
FECHA 05/08/2018	AUTOR: ANTONIO DOMINGO MONTILLA HERRADOR	NÚMERO DE PLANO 28/33
ESCALA 1:5	TUTOR: ELÍAS LÓPEZ ALBA	
FORMATO A3	MATERIAL: ACERO S275N	



 UNIVERSIDAD DE JAÉN	PROYECTO: SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA	PESO 2,4 kg
	DENOMINACIÓN: 4.7. BARRA 5	
FECHA 05/08/2018	AUTOR: ANTONIO DOMINGO MONTILLA HERRADOR	NÚMERO DE PLANO 29/33
ESCALA 1:2 FORMATO A3	TUTOR: ELÍAS LÓPEZ ALBA	
	MATERIAL: ACERO S275N	



 UNIVERSIDAD DE JAÉN	PROYECTO: SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA	PESO 222 kg
	DENOMINACIÓN: 5. SISTEMA DE ENGANCHE	
FECHA 05/08/2018	AUTOR: ANTONIO DOMINGO MONTILLA HERRADOR	NÚMERO DE PLANO 30/33
ESCALA 1:20	FORMATO A3	MATERIAL:



MARCA	DENOMINACIÓN
5.1	PORTÓN REMOLQUE
5.2	BARRA DE ACERO



FECHA
05/08/2018

ESCALA 1:10 FORMATO A3

PROYECTO: SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

DENOMINACIÓN: 5. PARTES DEL SISTEMA DE ENGANCHE

AUTOR: ANTONIO DOMINGO MONTILLA HERRADOR

TUTOR: ELÍAS LÓPEZ ALBA

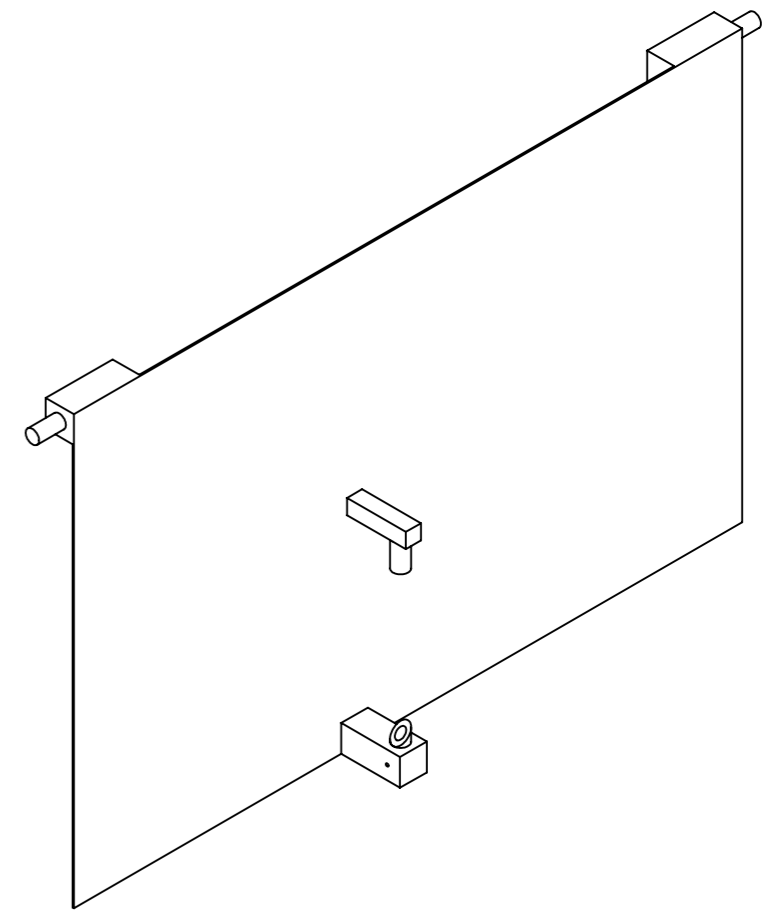
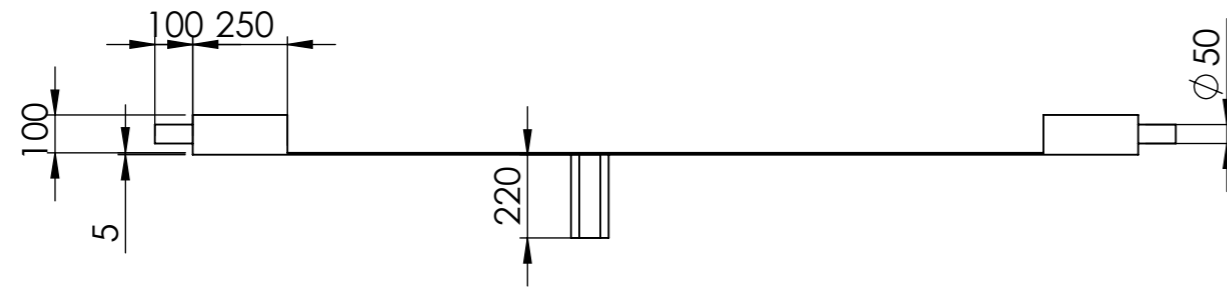
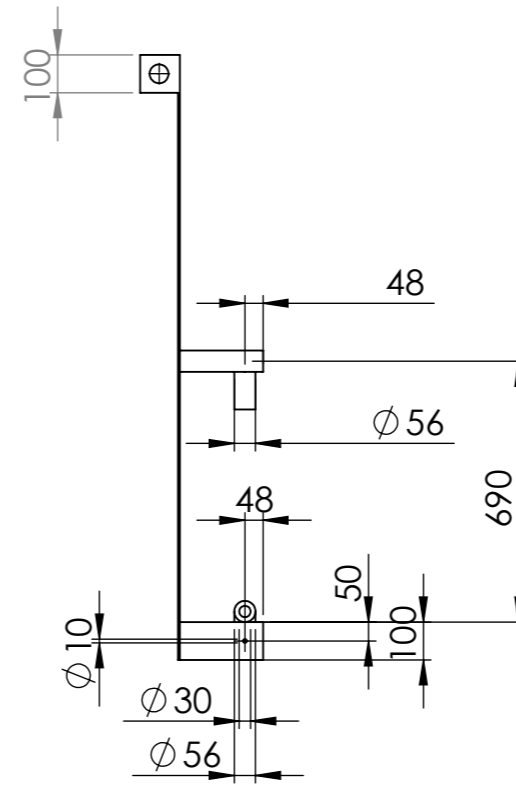
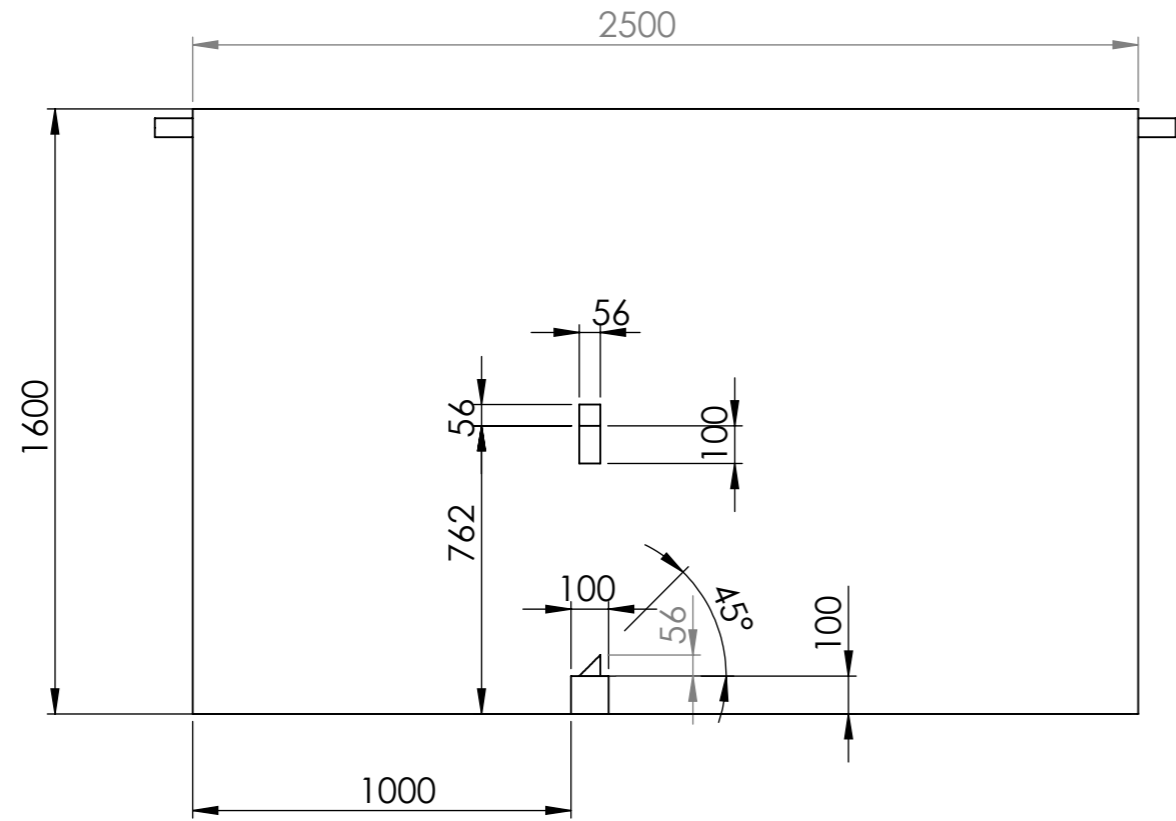
MATERIAL: ACERO S275N


PESO
222 kg

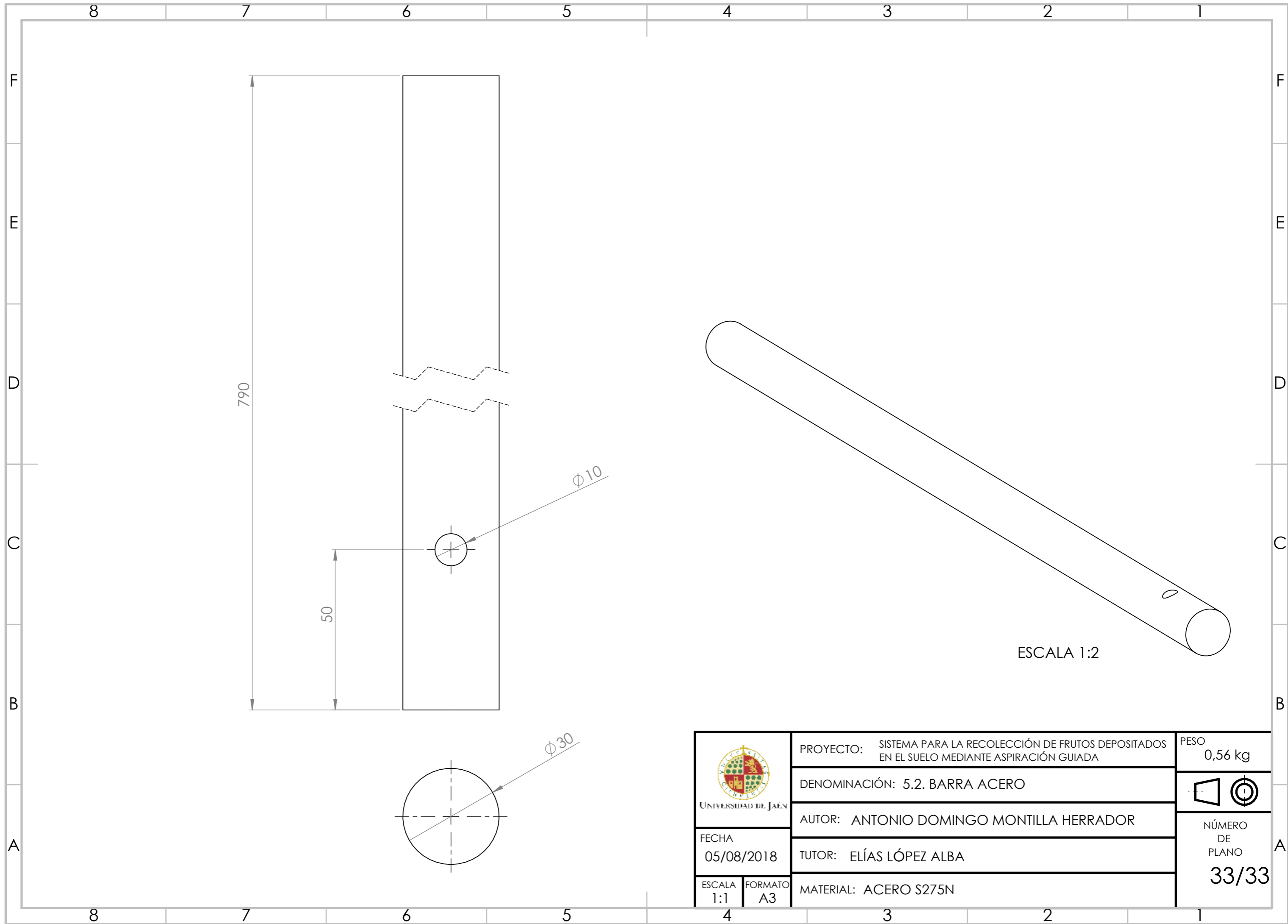


NÚMERO DE PLANO

31/33



 UNIVERSIDAD DE JAÉN	PROYECTO: SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA	PESO 221 kg
	DENOMINACIÓN: 5.1. PORTÓN REMOLQUE	
FECHA 05/08/2018	AUTOR: ANTONIO DOMINGO MONTILLA HERRADOR	
ESCALA 1:20	TUTOR: ELÍAS LÓPEZ ALBA	NÚMERO DE PLANO 32/33
FORMATO A3	MATERIAL: ACERO S275N	



FECHA
05/08/2018

ESCALA
1:1

PROYECTO: SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

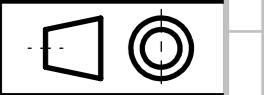
DENOMINACIÓN: 5.2. BARRA ACERO

AUTOR: ANTONIO DOMINGO MONTILLA HERRADOR

TUTOR: ELÍAS LÓPEZ ALBA

MATERIAL: ACERO S275N

PESO
0,56 kg



NÚMERO DE PLANO
33/33

4. MEDICIONES

01 SISTEMA DE ASPIRACIÓN

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD
P21VC050	u Ventil. centríf. doble aspir. direc. 6.000 m ³ /h Ventilador centrífugo dinámicamente equilibrado con capacidad de caudal de aire de 6000 m ³ /h y una potencia de funcionamiento de 36,3 CV para 2950 rpm	1,00
M01PNC	u Motor hidrául. PNC 40 CV - 3000 rpm Motor hidráulico del tipo PNC de 40 CV de potencia para accionar el ventilador centrífugo. Demanda una necesidad de caudal de 160 l/min a 3000 rpm.	1,00
1M05F09R	u Motor hidrául. M 0,33 cc/rev - 0,5 l/min Motor hidráulico encargado de hacer girar el cazo que extraerá el fruto del interior del cajón. La velocidad de giro del cazo ha de ser reducida (7 rpm), por lo que se dispondrá, además, de un reductor de velocidad. El motor consume un caudal de aceite de 0.5 l/min para un régimen de 1500 rpm.	1,00
012CAZ	u Cazo de extracción del fruto Cazo encargado de extraer el fruto del cajón aspirador. Girará en el interior de una envolvente creada en el cajón para impedir la pérdida de aire en el interior del cajón. Está fabricado en acero S275N para favorecer las labores de soldadura de las que precisa.	1,00
013CAJ	u Cajón aspirador Cajón encargado de provocar un ensanchamiento en el camino del fruto desde el suelo hacia el ventilador centrífugo. Este ensanchamiento provocará la precipitación por gravedad del fruto al fondo del cajón, donde se encontrará el sistema de extracción mencionado.	1,00
014PU	u Puerta del cajón aspirador El cajón aspirador presenta una compuerta de cierre rápido tanto para las operaciones de mantenimiento, como de instalación del ventilador centrífugo.	1,00
015M	m Manguera de aspiración flexible de poliuretano MF d = 300 mm Manguera de aspiración flexible de poliuretano MF reforzada con una espiral de acero cobreado. Es antiestática y antiabrasiva.	4,00

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE
FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

02 **SISTEMA DE SEGURIDAD**

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD
021R	u Resorte de compresión de acero cromo silicio Resorte de compresión de acero cromo-silicio de longitud 150 mm y diámetro interior mínimo de 56 mm	1,00

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE
FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

03 **CABEZAL**

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD
031C	<p>u Soporte del cabezal de aspiración Es el encargado de sostener todo el peso del cabezal de aspiración y de los cilindros telescópicos. Posee un agujero de $d = 300$ mm para albergar la manguera de aspiración a modo de guía.</p>	1,00
032T	<p>u Cilindro telescópico de doble efecto Cilindro telescópico de doble efecto encargado de posicionar el cabezal de aspiración paralelo al suelo. Serán guiados por una serie de sensores ultrasónicos u ópticos conectados al distribuidor de aceite del sistema hidráulico.</p>	3,00
033S	<p>u Soporte manguera de aspiración y cepillos Es el soporte de la manguera y de los cepillos. Gracias a los cepillos, este siempre se mantendrá paralelo al terreno.</p>	1,00
034C	<p>u Cepillo barredor Se encarga de barrer el fruto y aproximarlos a la boca de la manguera de aspiración, de esta forma, la operación de recogida resulta más sencilla para el operario.</p>	2,00

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE
FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

04

BRAZO MECÁNICO

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD
041B	<p>u Barra compensadora</p> <p>Es la encargada de mantener el cabezal horizontal con respecto al diseño.</p>	1,00
042B	<p>u Barra cabezal</p> <p>Es la encargada de sostener el peso del cabezal. Dispone de un engranaje en su extremo para recibir el movimiento de la barra 2.</p>	1,00
043B	<p>u Barra sometida a pandeo</p> <p>se encuentra sometida a pandeo en el diseño. Forma un mecanismo de cuatro barras que hace que cabezal se extienda y contraiga de forma lineal.</p>	2,00
044B	<p>u Soporte brazo</p> <p>Es el encargado de sostener todo el sistema. Además, al estar conectado al sistema de seguridad, hace que todo el brazo ceda en caso de colisión.</p>	1,00
045B	<p>u Cilindro hidráulico de doble efecto</p> <p>Cilindro de doble efecto encargado de realizar la operación de extracción y contracción del brazo mecánico. Dispone de una carrera de 320 mm y de una velocidad de 0.05 m/s.</p>	1,00
046B	<p>u Barra 2</p> <p>Barra encargada de transmitir el movimiento y la fuerza desde el cilindro hasta el cabezal. Dispone de un engranaje en su extremo engranado a la barra del cabezal para tal fin.</p>	1,00
047B	<p>u Barra 5</p> <p>Barra de acero encargada de cerrar el mecanismo de cuatro barras para mover el cabezal de forma lineal.</p>	2,00

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE
FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

05 **SISTEMA DE ANCLAJE**

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD
051POR	u Portón del remolque con elementos de sujeción del brazo Portón de remolque donde irá fijado el todo el diseño. Este se abatirá sobre unas bisagras instaladas en la parte de arriba, provocando que en la basculación del fruto en la almazara el sistema quede paralelo al suelo.	1,00
052B	u Barra acero Se encarga de mantener el brazo mecánico sujeto al portón del remolque, permitiendo el giro de este en caso de colisión.	1,00

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE
FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

06 **TORNILLERÍA Y ELEMENTOS DE SUJECCIÓN**

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD
0610	u Manguera de aspiración Unión de la manguera de aspiración al diseño. Irá fijada en los salientes diseñados para tal fin.	1,00
0620	u Gomas barredoras Esta junta une la goma de caucho encargada del barrido al cabezal de barrido.	16,00
0630	u Sujeción motor cepillo Se trata de una tuerca roscada en el eje del motor de barrido y que mantiene a todo el sistema de barrido unido.	1,00
0640	u Unión barra guía cepillo Unión que provoca el abatimiento de los cepillos sobre el cabezal de aspiración	4,00
0650	u Unión barra compensadora - barra 5 La unión entre las barras está compuesta por un casquillo que evita en la medida de lo posible la corrosión de la unión, un pasador roscado en su extremo atravesará dicho casquillo, y una tuerca se encargará de asegurar toda la unión. El pasador debe quedar de tal forma que permita el giro relativo entre las piezas que enlaza.	1,00
0660	u Unión cabezal - brazo mecánico	2,00
0670	u Unión barra cabezal - barra 5 - barra pandeo	1,00
0680	u Unión Soporte - barra de pandeo	2,00
0690	u Unión barra 2 - soporte	1,00
06100	u Unión cilindro - soporte	1,00
06110	u Unión Cilindro - Barra 2	1,00
06120	u Unión barra 2 - barra 5	1,00
06130	u Pasador con anilla barra acero Pasador encargado de sujetar la barra de acero que atraviesa el soporte del brazo y que mantiene el brazo unido al portón del remolque.	1,00
06140	u Unión cajón aspirador - portón remolque Soldadura eléctrica que fijará el cajón aspirador al portón del remolque.	1,00
06150	u Unión cilindros telescópicos Esta unión permitirá el giro de los cilindros con respecto al cabezal para poder orientarlo de la forma adecuada.	3,00

5. PRESUPUESTO

5.1. Cuadro de precios

01 SISTEMA DE ASPIRACIÓN

CÓDIGO	UD	RESUMEN	PRECIO
P21VC050	u	Ventil. centríf. doble aspir. direc. 6.000 m3/h Ventilador centrífugo dinámicamente equilibrado con capacidad de caudal de aire de 6000 m3/h y una potencia de funcionamiento de 36,3 CV para 2950 rpm	443,70
M01PNC	u	Motor hidrául. PNC 40 CV - 3000 rpm Motor hidráulico del tipo PNC de 40 CV de potencia para accionar el ventilador centrífugo. Demanda una necesidad de caudal de 160 l/min a 3000 rpm.	294,90
1M05F09R	u	Motor hidrául. M 0,33 cc/rev - 0,5 l/min Motor hidráulico encargado de hacer girar el cazo que extraerá el fruto del interior del cajón. La velocidad de giro del cazo ha de ser reducida (7 rpm), por lo que se dispondrá, además, de un reductor de velocidad. El motor consume un caudal de aceite de 0.5 l/min para un régimen de 1500 rpm.	129,90
012CAZ	u	Cazo de extracción del fruto Cazo encargado de extraer el fruto del cajón aspirador. Girará en el interior de una envolvente creada en el cajón para impedir la pérdida de aire en el interior del cajón. Está fabricado en acero S275N para favorecer las labores de soldadura de las que precisa.	61,74
013CAJ	u	Cajón aspirador Cajón encargado de provocar un ensanchamiento en el camino del fruto desde el suelo hacia el ventilador centrífugo. Este ensanchamiento provocará la precipitación por gravedad del fruto al fondo del cajón, donde se encontrará el sistema de extracción mencionado.	351,94
014PU	u	Puerta del cajón aspirador El cajón aspirador presenta una compuerta de cierre rápido tanto para las operaciones de mantenimiento, como de instalación del ventilador centrífugo.	40,89
015M	m	Manguera de aspiración flexible de poliuretano MF d = 300 mm Manguera de aspiración flexible de poliuretano MF reforzada con una espiral de acero cobreado. Es antiestática y antiabrasiva.	36,90

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE
FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

02 **SISTEMA DE SEGURIDAD**

CÓDIGO	UD	RESUMEN	PRECIO
021R	u	Resorte de compresión de acero cromo silicio Resorte de compresión de acero cromo-silicio de longitud 150 mm y diámetro interior mínimo de 56 mm	61,76

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE
FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

03 **CABEZAL**

CÓDIGO	UD	RESUMEN	PRECIO
031C	u	Soporte del cabezal de aspiración Es el encargado de sostener todo el peso del cabezal de aspiración y de los cilindros telescópicos. Posee un agujero de $d = 300$ mm para albergar la manguera de aspiración a modo de guía.	61,06
CÉNTIMOS 032T	u	Cilindro telescópico de doble efecto Cilindro telescópico de doble efecto encargado de posicionar el cabezal de aspiración paralelo al suelo. Serán guiados por una serie de sensores ultrasónicos u ópticos conectados al distribuidor de aceite del sistema hidráulico.	96,85
033S	u	Soporte manguera de aspiración y cepillos Es el soporte de la manguera y de los cepillos. Gracias a los cepillos, este siempre se mantendrá paralelo al terreno.	49,14
034C	u	Cepillo barredor Se encarga de barrer el fruto y aproximarlos a la boca de la manguera de aspiración, de esta forma, la operación de recogida resulta más sencilla para el operario.	223,04

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

04 **BRAZO MECÁNICO**

CÓDIGO	UD	RESUMEN	PRECIO
041B	u	Barra compensadora Es la encargada de mantener el cabezal horizontal con respecto al diseño.	13,37
042B	u	Barra cabezal Es la encargada de sostener el peso del cabezal. Dispone de un engranaje en su extremo para recibir el movimiento de la barra 2.	64,26
043B	u	Barra sometida a pandeo se encuentra sometida a pandeo en el diseño. Forma un mecanismo de cuatro barras que hace que cabezal se extienda y contraiga de forma lineal.	12,69
044B	u	Soporte brazo Es el encargado de sostener todo el sistema. Además, al estar conectado al sistema de seguridad, hace que todo el brazo ceda en caso de colisión.	89,74
045B	u	Cilindro hidráulico de doble efecto Cilindro de doble efecto encargado de realizar la operación de extracción y contracción del brazo mecánico. Dispone de una carrera de 320 mm y de una velocidad de 0.05 m/s.	59,31
046B	u	Barra 2 Barra encargada de transmitir el movimiento y la fuerza desde el cilindro hasta el cabezal. Dispone de un engranaje en su extremo engranado a la barra del cabezal para tal fin.	64,26
047B	u	Barra 5 Barra de acero encargada de cerrar el mecanismo de cuatro barras para mover el cabezal de forma lineal.	8,95

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE
FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

05 **SISTEMA DE ANCLAJE**

CÓDIGO	UD	RESUMEN	PRECIO
051POR	u	Portón del remolque con elementos de sujeción del brazo Portón de remolque donde irá fijado el todo el diseño. Este se abatirá sobre unas bisagras instaladas en la parte de arriba, provocando que en la basculación del fruto en la almazara el sistema quede paralelo al suelo.	247,20
052B	u	Barra acero Se encarga de mantener el brazo mecánico sujeto al portón del remolque, permitiendo el giro de este en caso de colisión.	1,50

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE
FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

06 **TORNILLERÍA Y ELEMENTOS DE SUJECCIÓN**

CÓDIGO	UD	RESUMEN	PRECIO
0610	u	Manguera de aspiración Unión de la manguera de aspiración al diseño. Irá fijada en los salientes diseñados para tal fin.	7,74
0620	u	Gomas barredoras Esta junta une la goma de caucho encargada del barrido al cabezal de barrido.	0,63
0630	u	Sujeción motor cepillo Se trata de una tuerca roscada en el eje del motor de barrido y que mantiene a todo el sistema de barrido unido.	2,59
0640	u	Unión barra guía cepillo Unión que provoca el abatimiento de los cepillos sobre el cabezal de aspiración	2,64
0650	u	Unión barra compensadora - barra 5 La unión entre las barras esta compuesta por un casquillo que evita en la medida de lo posible la corrosión de la unión, un pasador roscado en su extremo atravesará dicho casquillo, y una tuerca se encargará de asegurar toda la unión. El pasador debe quedar de tal forma que permita el giro relativo entre las piezas que enlaza.	18,72
0660	u	Unión cabezal - brazo mecánico	18,54
0670	u	Unión barra cabezal - barra 5 - barra pandeo	19,31
0680	u	Unión Soporte - barra de pandeo	16,60
0690	u	Unión barra 2 - soporte	18,54
06100	u	Unión cilindro - soporte	18,40
06110	u	Unión Cilindro - Barra 2	18,15
06120	u	Unión barra 2 - barra 5	18,22
06130	u	Pasador con anilla barra acero Pasador encargado de sujetar la barra de acero que atraviesa el soporte del brazo y que mantiene el brazo unido al portón del remolque.	0,30
06140	u	Unión cajón aspirador - portón remolque Soldadura electrógena que fijará el cajón aspirador al portón del remolque.	14,17
06150	u	Unión cilindros telescópicos Esta unión permitirá el giro de los cilindros con respecto al cabezal para poder orientarlo de la forma adecuada.	64,80

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE
FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

5.2. presupuesto

01 SISTEMA DE ASPIRACIÓN

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
P21VC050	u Ventil. centríf. doble aspir. direc. 6.000 m3/h Ventilador centrífugo dinámicamente equilibrado con capacidad de caudal de aire de 6000 m3/h y una potencia de funcionamiento de 36,3 CV para 2950 rpm	1,00	443,70	443,70
M01PNC	u Motor hidrául. PNC 40 CV - 3000 rpm Motor hidráulico del tipo PNC de 40 CV de potencia para accionar el ventilador centrífugo. Demanda una necesidad de caudal de 160 l/min a 3000 rpm.	1,00	294,90	294,90
1M05F09R	u Motor hidrául. M 0,33 cc/rev - 0,5 l/min Motor hidráulico encargado de hacer girar el cazo que extraerá el fruto del interior del cajón. La velocidad de giro del cazo ha de ser reducida (7 rpm), por lo que se dispondrá, además, de un reductor de velocidad. El motor consume un caudal de aceite de 0.5 l/min para un régimen de 1500 rpm.	1,00	129,90	129,90
012CAZ	u Cazo de extracción del fruto Cazo encargado de extraer el fruto del cajón aspirador. Girará en el interior de una envolvente creada en el cajón para impedir la pérdida de aire en el interior del cajón. Está fabricado en acero S275N para favorecer las labores de soldadura de las que precisa.	1,00	61,74	61,74
013CAJ	u Cajón aspirador Cajón encargado de provocar un ensanchamiento en el camino del fruto desde el suelo hacia el ventilador centrífugo. Este ensanchamiento provocará la precipitación por gravedad del fruto al fondo del cajón, donde se encontrará el sistema de extracción mencionado.	1,00	351,94	351,94
014PU	u Puerta del cajón aspirador El cajón aspirador presenta una compuerta de cierre rápido tanto para las operaciones de mantenimiento, como de instalación del ventilador centrífugo.	1,00	40,89	40,89
015M	m Manguera de aspiración flexible de poliuretano MF d = 300 mm Manguera de aspiración flexible de poliuretano MF reforzada con una espiral de acero cobreado. Es antiestática y antiabrasiva.	4,00	36,90	147,60
TOTAL 01				1.470,67

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS
DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

02 **SISTEMA DE SEGURIDAD**

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
021R	u Resorte de compresión de acero cromo silicio Resorte de compresión de acero cromo-silicio de longitud 150 mm y diámetro interior mínimo de 56 mm	1,00	61,76	61,76
TOTAL 02.....				61,76

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS
DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

03 **CABEZAL**

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
031C	<p>u Soporte del cabezal de aspiración</p> <p>Es el encargado de sostener todo el peso del cabezal de aspiración y de los cilindros telescópicos. Posee un agujero de $d = 300$ mm para albergar la manguera de aspiración a modo de guía.</p>	1,00	61,06	61,06
032T	<p>u Cilindro telescópico de doble efecto</p> <p>Cilindro telescópico de doble efecto encargado de posicionar el cabezal de aspiración paralelo al suelo. Serán guiados por una serie de sensores ultrasónicos u ópticos conectados al distribuidor de aceite del sistema hidráulico.</p>	3,00	96,85	290,55
033S	<p>u Soporte manguera de aspiración y cepillos</p> <p>Es el soporte de la manguera y de los cepillos. Gracias a los cepillos, este siempre se mantendrá paralelo al terreno.</p>	1,00	49,14	49,14
034C	<p>u Cepillo barredor</p> <p>Se encarga de barrer el fruto y aproximarlos a la boca de la manguera de aspiración, de esta forma, la operación de recogida resulta más sencilla para el operario.</p>	2,00	223,04	446,08
TOTAL 03				846,83

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS
DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

04 **BRAZO MECÁNICO**

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
041B	u Barra compensadora Es la encargada de mantener el cabezal horizontal con respecto al diseño.	1,00	13,37	13,37
042B	u Barra cabezal Es la encargada de sostener el peso del cabezal. Dispone de un engranaje en su extremo para recibir el movimiento de la barra 2.	1,00	64,26	64,26
043B	u Barra sometida a pandeo se encuentra sometida a pandeo en el diseño. Forma un mecanismo de cuatro barras que hace que cabezal se extienda y contraiga de forma lineal.	2,00	12,69	25,38
044B	u Soporte brazo Es el encargado de sostener todo el sistema. Además, al estar conectado al sistema de seguridad, hace que todo el brazo ceda en caso de colisión.	1,00	89,74	89,74
045B	u Cilindro hidráulico de doble efecto Cilindro de doble efecto encargado de realizar la operación de extracción y contracción del brazo mecánico. Dispone de una carrera de 320 mm y de una velocidad de 0.05 m/s.	1,00	59,31	59,31
046B	u Barra 2 Barra encargada de transmitir el movimiento y la fuerza desde el cilindro hasta el cabezal. Dispone de un engranaje en su extremo engranado a la barra del cabezal para tal fin.	1,00	64,26	64,26
047B	u Barra 5 Barra de acero encargada de cerrar el mecanismo de cuatro barras para mover el cabezal de forma lineal.	2,00	8,95	17,90
TOTAL 04				334,22

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS
DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

05 **SISTEMA DE ANCLAJE**

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
051POR	u Portón del remolque con elementos de sujeción del brazo Portón de remolque donde irá fijado el todo el diseño. Este se abatirá sobre unas bisagras instaladas en la parte de arriba, provocando que en la basculación del fruto en la almazara el sistema quede paralelo al suelo.	1,00	247,20	247,20
052B	u Barra acero Se encarga de mantener el brazo mecánico sujeto al portón del remolque, permitiendo el giro de este en caso de colisión.	1,00	1,50	1,50
TOTAL 05				248,70

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS
DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

06 TORNILLERÍA Y ELEMENTOS DE SUJECCIÓN

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
0610	u Manguera de aspiración Unión de la manguera de aspiración al diseño. Irá fijada en los salientes diseñados para tal fin.	1,00	7,74	7,74
0620	u Gomas barredoras Esta junta une la goma de caucho encargada del barrido al cabezal de barrido.	16,00	0,63	10,08
0630	u Sujeción motor cepillo Se trata de una tuerca roscada en el eje del motor de barrido y que mantiene a todo el sistema de barrido unido.	1,00	2,59	2,59
0640	u Unión barra guía cepillo Unión que provoca el abatimiento de los cepillos sobre el cabezal de aspiración	4,00	2,64	10,56
0650	u Unión barra compensadora - barra 5 La unión entre las barras esta compuesta por un casquillo que evita en la medida de lo posible la corrosión de la unión, un pasador roscado en su extremo atravesará dicho casquillo, y una tuerca se encargará de asegurar toda la unión. El pasador debe quedar de tal forma que permita el giro relativo entre las piezas que enlaza.	1,00	18,72	18,72
0660	u Unión cabezal - brazo mecánico	2,00	18,54	37,08
0670	u Unión barra cabezal - barra 5 - barra pandeo	1,00	19,31	19,31
0680	u Unión Soporte - barra de pandeo	2,00	16,60	33,20
0690	u Unión barra 2 - soporte	1,00	18,54	18,54
06100	u Unión cilindro - soporte	1,00	18,40	18,40
06110	u Unión Cilindro - Barra 2	1,00	18,15	18,15
06120	u Unión barra 2 - barra 5	1,00	18,22	18,22
06130	u Pasador con anilla barra acero Pasador encargado de sujetar la barra de acero que atraviesa el soporte del brazo y que mantiene el brazo unido al portón del remolque.	1,00	0,30	0,30
06140	u Unión cajón aspirador - portón remolque Soldadura eléctrica que fijará el cajón aspirador al portón del remolque.	1,00	14,17	14,17
06150	u Unión cilindros telescópicos Esta unión permitirá el giro de los cilindros con respecto al cabezal para poder orientarlo de la forma adecuada.	3,00	64,80	194,40
TOTAL 06				421,46
TOTAL				3.383,64

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE
FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

5.3. Resumen del presupuesto

CAPÍTULO	RESUMEN	IMPORTE	%
01	SISTEMA DE ASPIRACIÓN.....	1.470,67	43,46
02	SISTEMA DE SEGURIDAD	61,76	1,83
03	CABEZAL	846,83	25,03
04	BRAZO MECÁNICO	334,22	9,88
05	SISTEMA DE ANCLAJE	248,70	7,35
06	TORNILLERÍA Y ELEMENTOS DE SUJECCIÓN	421,46	12,46
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL		3.383,64	
	13,00 % Gastos generales	439,87	
	6,00 % Beneficio industrial	203,02	
	Suma	642,89	
PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN SIN IVA		4.026,53	
	21% IVA.....	845,57	
PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN		4.872,10	

Asciende el presupuesto a la expresada cantidad de CUATRO MIL OCHOCIENTOS SETENTA Y DOS EUROS con DIEZ CÉNTIMOS

, 03 de septiembre 2018.

6. Bibliografía

- Agarín. (2018). *Agarín*. Obtenido de Agarín: <http://www.agarin.es/>
- Agarín. (2018). *Agarín*. Obtenido de Agarín: <http://www.agarin.es/catalogo.html>
- ArcelorMittal. (2018). *ArcelorMittal*. Obtenido de ArcelorMittal: <http://constructalia.arcelormittal.com/es>
- ArcelorMittal. (2018). *ArcelorMittal*. Obtenido de ArcelorMittal: <https://industry.arcelormittal.com/catalogue/H41/ES>
- Artesano, S. (2018). *Sabor Artesano*. Obtenido de Plantación y cultivo del olivo: <http://www.sabor-artesano.com/cultivo-olivo.htm>
- Beer, Johnston, Mazurek, & Eisenberg. (1962). *Mecánica vectorial para ingenieros*. McGraw-Hill.
- Berrocal, L. O. (1998). *Elasticidad*. Madrid: McGraw-Hill.
- Budynas, R. (2012). *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley*. McGraw-Hill.
- CAUSER. (2018). *CAUSER*. Obtenido de CAUSER: <http://www.roller.es/catalogo/marcas-propias/causer/>
- CICROSA. (2018). *CICROSA*. Obtenido de <https://www.cicrosa.com/index.php/productos/cilindros-hidraulicos/cilindros-telescopicos/cilindros-telescopicos-estandar-de-simple-efecto/>
- Civil, P. d. (2018). *Prontuarios de ingeniería civil*. Obtenido de Prontuarios de ingeniería civil: <http://prontuarios.info/materiales/acero>
- Deere, J. (2018). *John Deere*. Obtenido de John Deere: <https://www.deere.es/es/index.html>
- FACMA. (2018). *FACMA*. Obtenido de FACMA: <https://www.facma.it/prodotti.asp>
- Fernández Díez, P. (2008). *Biblioteca sobre ingeniería energética*. Obtenido de Fernandez Díez: http://files.redsauce.net/js/pdfjs/web/viewer.html?file=http%3A%2F%2Fmanager.redsauce.net%2FAppController%2Fcommands_RSM%2Fapi%2Fapi_getFile.php%3FitemID%3D119%26propertyID%3D20%26RStoken%3D59e8ac1045d03e2ff6564c0638315f38
- Fomento, M. d. (2011). *Instrucción de Acero Estructural Capítulo IX*.
- Garin Fuentes, R. (2007). *España Patente nº 1064460*.
- Garriga Badia, A. (1994). *España Patente nº 2051164*.

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA

- Garriga, I. (2018). *Industrias Garriga*. Obtenido de Industrias Garriga: <http://www.industriasgarriga.com/maquinaria-de-recoleccion/>
- Garriga, I. (2018). *Industrias Garriga*. Obtenido de Industrias Garriga : <http://www.industriasgarriga.com/>
- IMOPSI. (2018). *IMOPSI*. Obtenido de IMOPSI: <https://www.imopsl.com/catalogo/multimarcas/cepillos/cepillo-lateral-frontal-polipropileno-detail>
- ManguerFLEX. (s.f.). *ManguerFLEX*. Obtenido de <https://manguerflex.es/producto/manguera-de-aspiracion-flexible-de-poliuretano-mf/>
- Ministerio de agricultura y pesca. (2010). Los enganches rápidos o automáticos. *Sobre el papel*, 33.
- Monné Simó, J. (2009). *España Patente nº 1070302*.
- N. I., K. (1975). *Manual de Física Elemental*. Mir.
- Norton, R. L. (1992). *Diseño de maquinaria*. McGraw-Hill Higher.
- Oleohidráulica, A. (2018). *ADIGRA oleohidráulica*. Obtenido de ADIGRA oleohidráulica: <http://www.adigraoleohidraulica.com/>
- Pedrajas Pérez, J. (2004). *España Patente nº 2199038*.
- Rodríguez Galbarro, H. (2018). *Ingemecánica*. Obtenido de <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn37.html>
- ROEMHELD. (2018). *ROEMHELD*. Obtenido de https://www.roemheld-gruppe.de/fileadmin/user_upload/downloads/programmuebersichten/ROEMHELD-Hydraulikzylinder_es_0411.pdf
- ROEMHELD. (2018). *ROEMHELD*. Obtenido de ROEMHELD: <https://www.roemheld-gruppe.de/es/home.html>
- Roquet, P. (2018). *Roquet making moves*. Obtenido de http://www.pedro-roquet.com/baixades/bombas-pumps_pnc_-_bi.02.06.02-03.15.pdf
- Roquet, P. (2018). *Roquet making moves*. Obtenido de http://www.pedro-roquet.com/baixades/bombas-pumps_m_-_bi.02.01.02-03.171.pdf
- SODECA. (2018). *SODECA*. Obtenido de SODECA: http://www.sodeca.com/repository/documentos/ES/SE01_CAM_2018ES.pdf
- TORMETAL. (2018). *Tormetal fasteners management*. Obtenido de <https://www.tormetal.com/>

SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE
FRUTOS DEPOSITADOS EN EL SUELO MEDIANTE ASPIRACIÓN GUIADA