



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería Mecánica.

Diseño de un contenedor de recogida de vidrio para su reciclaje

Autor:

Saldaña Rodríguez, Marco

Tutor:

**Sánchez Bascones, Maria Isabel
Química analítica**

Valladolid, septiembre 2015

RESUMEN

En el presente trabajo de fin de grado se propone un diseño para la adaptación de un contenedor de vidrio al uso de personas con diversidad funcional.

En primer lugar, se incluye una breve contextualización. Tras esto se describe el proceso de diseño seguido así como algunas propuestas alternativas desestimadas y los motivos por los cuáles se desestiman.

A continuación se describe la propuesta de diseño para la adaptación, que incluye tanto adaptaciones del diseño exterior como la propuesta de un mecanismo situado en el interior del contenedor. Se describen también algunas consideraciones de seguridad tomadas en el diseño.

Posteriormente, se añade el proceso de cálculo y dimensionamiento seguido para los elementos del mecanismo. Se procede mediante un software para la simulación de los efectos dinámicos.

Por último, se presentan planos de los elementos no normalizados del mecanismo, así como un despiece del mismo.

Palabras clave: Diseño adaptado, contenedor, reciclaje, vidrio, mecanismo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	3
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS.....	7
ÍNDICE DE TABLAS.....	11
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1. DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS.....	13
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	15
1.3. OBJETIVOS.....	15
1.4. VALORACIÓN ECONÓMICA.....	16
CAPÍTULO II. CONTEXTUALIZACIÓN.....	19
2.1. EL VIDRIO.....	19
2.1.1. Fabricación y conformado.....	22
2.1.2. Aspectos finales.....	24
2.2. EL RECICLAJE.....	25
2.2.1. Normativas y directrices.....	26
2.2.2. El reciclaje del vidrio.....	28
2.3. ASPECTOS DE DISEÑO.....	29
2.3.1. Diseño de un contenedor. Aspectos importantes.....	29
2.3.2. Diseño adaptado.....	31
2.3.3. Conclusiones y caracterización de criterios.....	32
2.4. CONTENEDORES.....	34
2.4.1. Soterrado.....	35

Índice de contenidos

2.4.1.1. Tipos de contenedor soterrado.....	35
2.4.2. Superficiales.....	39
CAPÍTULO III. PROPUESTA DE DISEÑO.....	45
3.1. ASPECTOS RELATIVOS AL CONTENEDOR.....	46
3.1.1 Forma exterior.....	46
3.1.2. Sistemas de elevación y apertura.....	48
3.1.3. Accesos al contenedor.....	48
3.1.4. Propuesta de diseño exterior.....	49
3.2. APOORTE DE ADAPTACIÓN.....	50
3.2.1. Opciones consideradas.....	51
3.2.2. Condiciones y restricciones.....	52
3.2.3. Posibles mecanismos.....	54
3.2.4. Posición inicial y retorno.....	58
3.2.5. Accionamiento.....	60
3.2.6. Consideraciones de seguridad.....	62
3.3. MECANISMO PROPUESTO.....	64
3.3.1. Sistemas auxiliares.....	64
3.3.1.1. Sistema de retorno.....	64
3.3.1.2. Inicio del retorno y desligado de la palanca.....	66
3.3.1.3. Protección exterior.....	67
3.3.1.4. Sistemas de anclaje y sujeción del mecanismo.....	68
3.3.2. Descripción del mecanismo.....	69
3.3.2.1. Elementos constitutivos.....	71
CAPÍTULO IV. CÁLCULOS.....	87
4.1. SIMULACIÓN EN SOFTWARE.....	88
4.1.1 Modelo.....	88

Índice de contenidos

4.1.2. Proceso de simulación.....	90
4.1.2.1. Descenso.....	90
4.1.2.2. Retorno.....	105
4.2. ESTUDIO DE SECCIONES Y TENSIONES MÁXIMAS.....	116
4.3. COMPROBACIÓN DE PANDEO.....	118
CAPÍTULO V. PLANOS.....	121
CONCLUSIONES.....	149
BIBLIOGRAFÍA.....	151

ÍNDICE DE FIGURAS

Capítulo I

Figura 1.1. Vista exterior de la propuesta de diseño.....14

Figura 1.2. Vista interior de la propuesta de diseño.....14

Capítulo II

Figura 2.1. Descarga lateral de contenedor por un lateral del camión.....36

Figura 2.2. Descarga contenedor de forma lateral por parte de atrás del camión.....36

Figura 2.3. Contenedor de descarga por la parte inferior.....36

Figura 2.4. Distinción entre espacios para el soterrado de contenedores.....37

Figura 2.5. Sistema piñón cremallera y neumático.....38

Figura 2.6. Ejemplos de guías de elevación simultánea de plataforma y chapas superficiales.....38

Figura 2.7. Sistemas de tijera para elevación de plataforma y chapas simultánea.....39

Figura 2.8. Ilustración de distintas formas de vaciado de contenedor.....40

Figura 2.9. Sistemas habituales de elevación.....41

Figura 2.10. Detalles del sistema de elevación Kinshofer.....41

Figura 2.11. Detalle apertura por pedal.....42

Figura 2.12. Detalle de sistema de doble anilla.....43

Capítulo III

Figura 3.1 Contenedores de apertura superior e industriales.....47

Figura 3.2. Contenedor de reciclaje de papel.....47

Índice de figuras

Figura 3.3. Sistema de elevación-apertura de doble anilla.....	48
Figura 3.4. Propuesta adaptación exterior contenedor.....	50
Figura 3.5. Acceso bajo y adaptación por palanca.....	51
Figura 3.6. Límites fijados para el diseño del mecanismo (en cm).....	53
Figura 3.7. Nueva cota límite de altura.....	54
Figura 3.8. Movimiento y giro de la bandeja de recogida.....	55
Figura 3.9. Sistema biela manivela.....	56
Figura 3.10. Esquema de doble biela manivela. La segunda manivela se desplaza verticalmente.....	57
Figura 3.11. Posibles posiciones de origen. Bandeja en punto inferior y bandeja en punto superior.....	58
Figura 3.12. Equilibrio de momentos aplicados sobre el mecanismo.....	61
Figura 3.13. Esquema de transmisión del movimiento de retorno.....	65
Figura 3.14. Posición del sistema de retorno respecto al mecanismo en planta.....	65
Figura 3.15. Cierre y liberación de la bandeja para el retorno.....	67
Figura 3.16. Vista global del mecanismo.....	69
Figura 3.17. Instante del movimiento de descenso de la bandeja.....	70
Figura 3.18. Instante del movimiento de descenso de la bandeja previo a figura 3.16.....	70
Figura 3.19. Posición de origen del mecanismo.....	71
Figura 3.20. Imágenes de la rueda fija.....	72
Figura 3.21. Detalles de la barra complementaria de la primera manivela....	73
Figura 3.22. Vista total y detalles de cabeza y pie de la primera biela.....	74
Figura 3.23. Rueda móvil.....	75
Figura 3.24. Vista total y detalles de la segunda biela.....	76
Figura 3.25. Detalle de la inclinación del borde de la bandeja.....	77

Índice de figuras

Figura 3.26. Detalle de los alojamientos para los pasadores del piñón que guiará la bandeja.....	78
Figura 3.27. Esquema de dimensiones de las guías laterales.....	79
Figura 3.28. Detalle del hueco para el tope sobre el que girará la bandeja....	80
Figura 3.29. Detalle de la ranura para el pasador.....	81
Figura 3.30. Detalle del cierre en la bandeja.....	82
Figura 3.31. Vista global de la bandeja.....	83
Figura 3.32. Vista global y detalles de la rueda de la palanca.....	84
Figura 3.33. Detalles del conector entre el eje y la rueda de la palanca.....	85
Figura 3.34. Eje y barra de palanca.....	85
Figura 3.35. Mango de la palanca.....	86

Capítulo IV

Figura 4.1. Modelo para simular el mecanismo.....	89
Figura 4.2. Posición de origen del mecanismo.....	90
Figura 4.3. Detalle ampliado de la rueda fija.....	91
Figura 4.4. Equilibrio de momentos sobre la rueda fija del mecanismo.....	92
Figura 4.5. Instantes de tiempo en el movimiento de descenso de la bandeja.....	93
Figura 4.6. Gráfica F-t para la barra y eje de la palanca.....	94
Figura 4.7. Gráfica M-t para la barra y eje de la palanca.....	95
Figura 4.8. Gráfica M-t de la rueda de la palanca.....	96
Figura 4.9. Gráfica M-t de la rueda fija.....	97
Figura 4.10. Gráfica F-t de la barra complementaria de la primera manivela.....	98
Figura 4.11. Gráfica M-t para la barra complementaria.....	98
Figura 4.12. Gráfica F-t de la primera biela.....	99

Índice de figuras

Figura 4.13. Gráfica M-t de la primera biela.....	100
Figura 4.14. Gráfica F-t para la rueda móvil.....	100
Figura 4.15. Gráfica M-t para la rueda móvil.....	101
Figura 4.16. Gráfica F-t para la segunda biela.....	102
Figura 4.17. Gráfica M-t para la segunda biela.....	102
Figura 4.18. Gráfica posición-t de la bandeja.....	103
Figura 4.19. Gráfica v-t de la bandeja.....	104
Figura 4.20. Gráfica a-t de la bandeja.....	104
Figura 4.21. Posición de origen del movimiento de retorno.....	105
Figura 4.22. Instantes del movimiento de retorno.....	106
Figura 4.23. Gráfica F-t para la barra y eje de la palanca.....	107
Figura 4.24. Gráfica M-t para la barra y eje de la palanca.....	107
Figura 4.25. Gráfica M-t para la rueda de la palanca.....	108
Gráfica 4.26. Gráfica M-t para la rueda fija del mecanismo.....	109
Figura 4.27. Gráfica F-t para la barra complementaria de primera manivela.....	110
Figura 4.28. Gráfica M-t para la barra complementaria de primera manivela.....	111
Figura 4.29. Gráfica F-t para la primera biela.....	112
Figura 4.30. Gráfica M-t para la primera biela.....	112
Figura 4.31. Gráfica F-t para la rueda móvil.....	113
Figura 4.32. Gráfica M-t para la rueda móvil.....	113
Figura 4.33. Gráfica F-t para la segunda biela.....	114
Figura 4.34. Gráfica M-t para la segunda biela.....	114
Figura 4.35. Gráfica posición-t para la bandeja.....	115
Figura 4.36. Gráfica v-t para la bandeja.....	115
Figura 4.37. Gráfica a-t para la bandeja.....	116

ÍNDICE DE TABLAS

Capítulo II

Tabla 2.1. Elementos utilizados en la coloración del vidrio.....	25
--	----

Capítulo IV

Tabla 4.1. Resumen de valores elegidos para variables de la figura 4.4.....	92
---	----

Tabla 4.2. Valores de fuerzas y momentos para las barras.....	117
---	-----

Tabla 4.3. Valor de la tensión en las distintas barras.....	117
---	-----

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.

En este capítulo se presenta una descripción breve, la justificación, los objetivos de este trabajo de fin de grado y una breve valoración económica de la propuesta. En ellos se tratará de acotar el alcance previsto y la motivación principal para el desarrollo de los contenidos del trabajo.

1.1. DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS

El presente trabajo consta de 5 capítulos en los que se trata de dar una solución al problema que sugiere el título del mismo: adaptar un contenedor de vidrio para su uso por cualquier persona con diversidad funcional.

En este capítulo, primero del trabajo, describe y justifica tanto el trabajo como los objetivos buscados en él. Además se presenta la propuesta de diseño en un par de imágenes.

El segundo capítulo trata de poner en contexto la motivación y la situación en que se encuadra el diseño propuesto. Se habla del vidrio, el reciclaje y los distintos tipos de contenedores existentes.

El tercer capítulo comprende tanto el proceso de diseño seguido como la propuesta de adaptación. En él se concentran los contenidos centrales del trabajo.

El cuarto capítulo agrupa los cálculos seguidos para dimensionar los elementos del diseño propuesto. Se utiliza el software Working Model para los cálculos dinámicos y fórmulas de elasticidad y resistencia de materiales para las secciones y el estudio de pandeo.

El quinto capítulo presenta los planos de los elementos constituyentes de la propuesta de diseño, además de un despiece del conjunto.

La propuesta de diseño se presenta resumida en las figuras 1.1. y 1.2. Se trata de un contenedor prismático con varios orificios que permiten el uso

habitual además de un mecanismo para posibilitar el uso de cualquier persona.

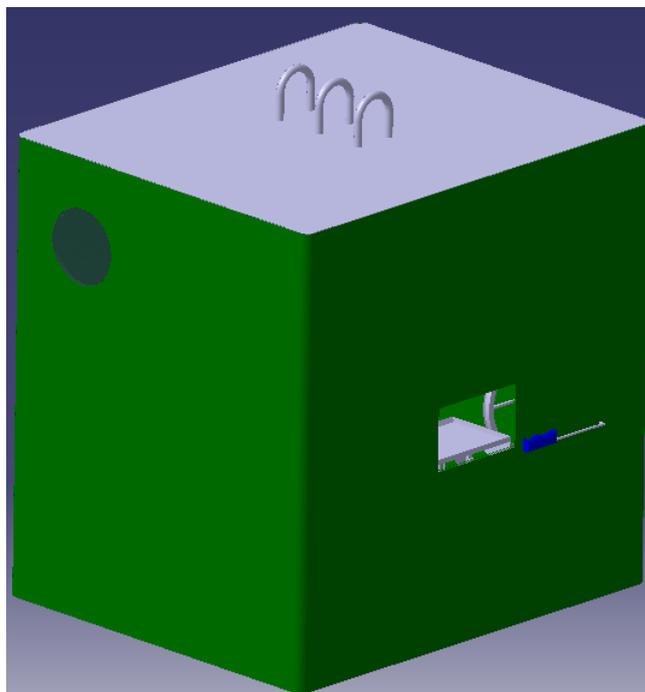


Figura 1.1. Vista exterior de la propuesta de diseño.

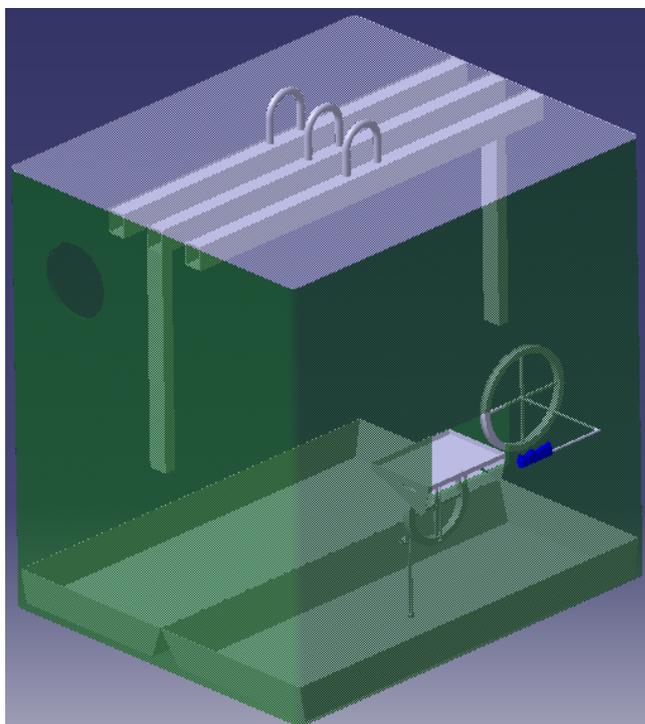


Figura 1.2. Vista interior de la propuesta de diseño.

1.2. JUSTIFICACIÓN

El mundo, las ciudades, los objetos responden a un diseño planteado según un punto de vista dado. La mayoría de las veces, este punto de vista no tiene en cuenta ciertos sectores de la población: niños, mujeres, personas con diversidad funcional, etc. Existen multitud de casos de diseños inapropiados o insuficientes en su adaptación para muchas personas, diseños que complican la vida y los hechos más cotidianos, y que, con un pequeño esfuerzo, un simple acercamiento a su punto de vista, tendrían fácil solución.

El presente trabajo pretende dar solución a la falta de adaptación para personas con movilidad funcional de los contenedores de reciclaje de vidrio. Se estudian las propuestas existentes y se concluye que no son suficientes para asegurar el uso en igualdad de condiciones para cualquier persona. Por tanto, se propone un nuevo diseño que busca ampliar las posibilidades de acceso al uso fácil y simple del contenedor.

Se plantea en principio el diseño integral de un contenedor, desde la apariencia exterior hasta los sistemas de elevación, apertura o acceso. Tras varios intentos, se proponen unas modificaciones de un diseño ya existente y se centra el estudio del trabajo en lograr una adaptación del mismo más eficiente que las presentes.

Se llega así a la propuesta contenida en posteriores capítulos de un mecanismo que realice por los usuarios la recogida y vertido al interior del contenedor de los vidrios a reciclar de forma simple y accesible.

1.3. OBJETIVOS

Los objetivos marcados para este trabajo de fin de grado, responden a la justificación presentada previamente: dar una solución desde el diseño para una adaptación lo más completa posible de un contenedor de reciclaje de vidrio.

Para lograr este objetivo global, se desglosan distintos objetivos y puntos a cumplir secundarios a fin de estructurar la correcta marcha del trabajo:

- Recabar información sobre diseño adaptado. Aprender estándares de diseño y tratar de situarse en la posición de personas con diversidad funcional.
- Estudiar las propuestas existentes y valorar aciertos y errores de diseño según la perspectiva previamente adquirida.
- Recabar información de normativas que afectan al campo en el que se incluirá el diseño.
- Afrontar un proceso de diseño desde cero, planteando varias propuestas iniciales y desarrollando las más válidas a juicio del diseñador.
- Concretar de forma coherente con los planteamientos los detalles del diseño.
- Tener en cuenta aspectos de seguridad en el uso para el diseño.

1.4. VALORACIÓN ECONÓMICA

A continuación se va a aproximar el coste que supondría la propuesta que presenta este trabajo de fin de grado. Se toma una aproximación al posible coste real de las piezas que componen el mecanismo partiendo de piezas similares en forma, dimensiones y materiales para llegar a un valor por exceso que represente el posible coste del mecanismo.

Partiendo de algunos precios observados en distintas ofertas, el precio de un iglú de vidrio se acerca a los 700 € por unidad. Se han encontrado valores de 640 y 720 € en ofertas de venta a precio final.

Se plantea, que dadas las modificaciones propuestas para el exterior y el cuerpo, que sólo suponen un cambio en el molde de fabricación, el aumento de coste no sería considerable, y se asume que apenas represente un cambio significativo.

El mecanismo, valorando piezas por separado y comparando con algunas existentes no iguales a las presentadas más adelante, se valora en torno a 170 €.

Capítulo I: Introducción

No se tienen en cuenta en este precio los sistemas no detallados en el presente trabajo, como los de fijación o los de seguridad. Se valora, no obstante, que pueden representar un sobre coste de unos 80 €.

El coste estimado en total, representa el 35 % aproximadamente de aumento en el precio final del contenedor, llegando a casi 1000 € por unidad según los precios manejados.

CAPÍTULO II. CONTEXTUALIZACIÓN.

En este capítulo se van a tratar distintos temas que pondrán en contexto el desarrollo del trabajo. Se comienza incluyendo información sobre qué es el vidrio y cómo se fabrica. A continuación, se trata brevemente el reciclaje y se exponen las normativas, tanto europeas como estatales y regionales que afectan al reciclaje del vidrio. Después se describen algunos aspectos a considerar en el diseño de un contenedor y en el diseño adaptado. Por último, se encuentra información sobre los contenedores existentes y cómo satisfacen las necesidades recogidas del diseño adaptado previamente.

2.1. EL VIDRIO.

Se va a comenzar haciendo un estudio básico del vidrio a fin de conocer el material y tener en cuenta las circunstancias concretas que plantean su fabricación y reciclado. Dado que sólo interesan estos aspectos, se profundizará más en ellos, dejando más generales otros como las distintas composiciones, microestructuras y microconstituyentes que de ellas se derivan.

El vidrio es un material amorfo, es decir, que tiene estructura cristalina desordenada, sin formar una red tal como se espera de un sólido, en un estado distinto conocido por vítreo. Precizando más en la ordenación de partículas de estos materiales así como comparándolas con otros estados, se puede decir que, por su apariencia e indeformabilidad pueden ser considerados sólidos, aunque su estructura interna les asemeja más a los líquidos. A pesar de que algún autor los describiese como sólidos amorfos, y dado que presentan más ordenación estructural que los materiales amorfos, es más adecuado llamarlos sólidos no cristalinos. El hecho de que no cristalicen y conserven este estado se debe a su viscosidad, que se considera

como infinita. Según esto, y de acuerdo con Fernández Navarro¹ podemos describir las características del vidrio como “termodinámicamente inestables, estructuralmente desordenados, químicamente complejos y tecnológicamente de propiedades y aplicaciones diversas.”

Se puede hacer clasificar los vidrios según sus componentes. Si se atiende a la función de éstos en el proceso de fabricación, se tienen elementos vitrificantes, fundentes, estabilizantes y elementos secundarios añadidos para la modificación de algunas propiedades ópticas, como la opacidad o el color.

Si se atiende a la naturaleza y composición química de los elementos que lo forman, se encuentran multitud de sustancias y compuestos que pueden dar lugar a estructuras internas como las descritas anteriormente. Cada composición da lugar a un diagrama de fases de difícil estudio y que se sale del marco del presente trabajo, por lo que no serán incluidos. Se procederá a continuación a enumerar los distintos tipos de composición química así como añadir los ejemplos más representativos de cada uno de ellos. Pueden distinguirse según este criterio vidrios inorgánicos, orgánicos o mixtos.

Dentro de los inorgánicos, hay varios tipos de vidrios:

- De óxidos (SiO_2 , B_2O_3 , P_2O_5 , GeO_2)
- No oxídicos :
 - De elementos metálicos (Au-Si, Pt-Pd, Cu-Au) y no metálicos (S, Se, Te).
 - Calcogenuros (As_2S_3 , GeSe_2 , P_2S_3).
 - Halogenuros (PbCl_2 , BeF_2).
 - Oxihalogenuros (Al_2O_3 - P_2O_5 - BaF_2).
 - Oxinitruros (Si_3N_4 - Al_2O_3 - SiO_2).
 - Oxicarburos (MgO - Al_2O_3 - SiO_2 -SiC).
 - Oxisales (H_2SO_4).

¹ J. M. Fernández Navarro, **El vidrio**, Consejo superior de investigaciones científicas. (2003). Pag. 53

CAPÍTULO II: Contextualización

Entre los orgánicos se distinguen los polímeros (polietileno, poliamidas...), glicoles y azúcares; entre los mixtos algunas siliconas y ormosiles (organical modified silicates) híbridos.

Tras exponer los distintos vidrios que se pueden dar, se va a centrar el estudio en el tipo más habitual en la industria y en los elementos de fabricación que se le añaden.

El grupo más importante por su utilización entra dentro de los inorgánicos y se basan en los óxidos. Entre ellos, los que conciernen al presente trabajo (por ser los más utilizados en la fabricación de envases de vidrio) son los óxidos de silicatos, en concreto los basados en la sílice (SiO_2) como elemento vitrificante y de mayor composición, con otros elementos utilizados como fundentes y estabilizantes en el proceso de fabricación. Los fundentes se añaden a fin de facilitar la fusión y mantener el estado viscoso necesario para conformar el vidrio y los estabilizantes son añadidos a fin de hacer del vidrio un material insoluble al agua y dureza. Además se pueden añadir otros componentes como colorantes o estar presentes como impurezas.

Los elementos de añadido como **fundentes** suelen ser compuestos alcalinos, ya que son los que mejor se ajustan a esa tarea. El dióxido de sodio es el más utilizado. Suele estar presente entre el 12 y el 15% en peso, siendo el segundo componente tras la sílice (entre el 50 y el 80%). A fin de aportar este elemento se añaden carbonato sódico o sulfato sódico, así como otras en menor medida. Se usa también el óxido de potasio, aunque suele ir acompañando al plomo en vidrios más densos, habitualmente para uso ornamental. El óxido de potasio se añade a partir del carbonato potásico. El óxido de litio se utiliza también como fundente, si bien en proporciones mucho menores en la industria. Reduce mucho el tiempo de fusión y afinado y suele añadirse como carbonato.

En lo referente a los **estabilizantes**, el más utilizado es el óxido de calcio, aportado sobre todo como carbonato cálcico. Se utilizan también, aunque en menor medida óxidos de magnesio, (aportado comúnmente como dolomita) y óxidos de aluminio.

El óxido de plomo se usa para generar la clase de vidrio al que da nombre. Realiza en esa clase función tanto como fundente como de estabilizante o vitrificante. Se añade en forma de Pb_3O_4 mayoritariamente. El óxido de cinc tiene resultados similares como aditivo, si bien es más caro. Incluir tabla en anexos.

2.1.1. Fabricación y conformado.

La fabricación y el conformado se llevan a cabo de forma simultánea en la industria. Se procederá a explicar cada fase del proceso poniendo en relevancia los parámetros importantes de dichas fases.

En la primera fase, se reciben y prepararan las materias primas a utilizar en el vidrio concreto a fabricar: selección de las mismas, limpieza, molienda y machaque hasta lograr la granulometría deseada, para su posterior almacenamiento en depósitos verticales. Los materiales seleccionados para el proceso se receptionan y pasan al proceso de fabricación. Son vertidos en tolvas que los conducirán mediante cintas mecánicas hasta muelas o tambores donde reducirán el tamaño hasta el consignado en el diseño del proceso. Los materiales serán almacenados por separado a fin de ser mezclados en las proporciones necesarias de camino al horno.

La composición y la granulometría tienen especial relevancia en cuanto al proceso de fusión y reacción de componentes en el calentamiento. La formación de eutécticos que rebajan el punto de fusión, así como la generación de productos secundarios a fundir, influyen en el tiempo de calentamiento. El tamaño de grano puede favorecer o entorpecer estas reacciones influyendo de esa manera en este proceso. La generación de gases en el seno del fluido, que puede perjudicar el resultado final se ve también afectada por el tamaño de grano.

Después de entrar al horno, se realiza un calentamiento progresivo, aportando energía para permitir las reacciones de los componentes presentes en la mezcla y la fusión de los mismos, llegando a temperaturas finales de alrededor de 1600°C, en función de los componentes de la mezcla. Se dan aquí, además, procesos de disolución de sílice sobrante de esas reacciones así como procesos de afinado del vidrio y eliminación de gases ocluidos. La velocidad de calentamiento también es un factor que interviene el proceso de reacción de elementos. Además, hay que favorecer una homogeneización interna tratando de lograr una buena disolución de la sílice restante. Para esto, la geometría del horno, la colocación de borboteadores o las corrientes convectivas en el mismo serán determinantes.

Como problema presente en este proceso de calentamiento y fusión, hay que mencionar el control de las temperaturas del vidrio, y por ende de la viscosidad. Es muy importante, requiriéndose en ocasiones refrigeración de los moldes o del propio vidrio antes de ser extraído del horno ya que esto permite tener control sobre los procesos de enfriamiento y solidificación en

CAPÍTULO II: Contextualización

tiempos de diseño. Otro problema es el control de la atmósfera del horno si se quiere lograr un pulido de la superficie.

Los gases ocluidos o disueltos en el seno del vidrio fundido son otro de los problemas más graves de este proceso. Si hay gases presentes en el seno del fluido al solidificar, se producirán espacios y burbujas que romperán la continuidad de la matriz generando heterogeneidades en las propiedades y puntos débiles donde aumenta la probabilidad de fractura. Pueden aparecer de dos maneras, de forma molecular o de forma química. La forma molecular, es la misma forma que el aire en el agua, y la química se produce mediante reacciones con componentes del vidrio haciendo que los gases pasen a formar parte de su estructura.

Tras el paso por el horno se deja, si es necesario, reposar a una temperatura adecuada para el posterior conformado y se procede al mismo. En cuanto al conformado del vidrio, se pueden diferenciar los procedimientos manuales empleados para piezas artísticas, y los automáticos pensados para la fabricación en serie. En función del proceso de conformado elegido, se requerirá una viscosidad, para lo que se exigirá una temperatura de trabajo y un tiempo de mantenimiento, condicionada según el tipo de vidrio. Además la tensión superficial es condicionante en tanto que da lugar a retracción superficial.

En cuanto a las formas automáticas de conformado, se puede distinguir la fabricación del vidrio plano la del hueco. Mención aparte merece la fibra de vidrio.

El vidrio plano se realiza mediante varios procedimientos de laminación, con distintas formas de alimentar los rodillos o inclusiones de metales entre láminas de vidrio. En estos procesos, el horno suele llevar un caldo sobre el que flota la mezcla. Así se logran buenos acabados superficiales y se asegura que no se pegue al suelo del horno. Además, permite extraer láminas de cierto espesor, que puede ser controlado mediante el flujo de material entrante al horno, que serán llevadas a los trenes de laminación o recubrimiento. En estos trenes puede añadirse otros materiales y hacer laminados y recubrimientos.

Los procedimientos de conformado automático de vidrios huecos difieren, sobre todo en la dosificación y alimentación del vidrio al molde. A la salida del horno se coloca un dosificador, que en función del tipo de proceso controla la salida de material fundido. Estos procesos constan de una cinta en la que hay varios moldes donde son vertidas de forma automática las cantidades prefijadas de material. Se suele usar dos moldes, uno en el que se hace un soplado previo para alcanzar una preforma y un molde definitivo donde se

realiza el soplado final. El dosificador se abre permitiendo el paso al primer molde, que tiene un vástago por donde se realizará el primer soplado. Después pasa a un segundo molde donde otra boquilla soplará para ajustar la forma definitiva.

Tanto en el vidrio laminado como en el hueco se suele dar un recocido para homogeneizar las piezas y eliminar tensiones residuales derivadas del proceso de conformado.

Hay que comentar el caso particular de la fibra de vidrio. La fibra de vidrio se fabrica mediante un recubrimiento orgánico del vidrio de distintas longitudes. Existen varios procesos de conformado distintos según la longitud que se quiera lograr, tales como un estiramiento precalentado o el soplado de vapor en las salidas del horno para la fibra más corta.

2.1.2. Aspectos finales.

Se ha expuesto que la consideración de vidrios es compartida por muchas otras sustancias ajenas a la sílice y las sales de sodio o calcio que suelen acompañarla. Los materiales históricamente empleados en la fabricación de vidrio varían según la época histórica y la geografía donde se encuentren.

El vidrio industrial lleva a su vez más elementos que los comentados anteriormente. La adición de elementos secundarios al vidrio responde a la modificación de distintas propiedades, tales como la coloración, la transparencia, la opalescencia, absorción infrarroja o ultravioleta. En la tabla 2.1 se encuentran algunos ejemplos.

La defectología de la fabricación del vidrio es amplia, aunque responde a casuísticas determinadas: inclusiones, gaseosas o sólidas, infundidos, desvitrificaciones o decoloración.

En cuanto al vidrio industrial, tiene especial interés el caso de las reacciones del sistema $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{CO}_2$ ya que es el sistema mayoritario en ellos. En torno a 600°C comienzan las reacciones químicas, con la formación del carbonato doble de sodio y calcio ($\text{Na}_2\text{Ca}(\text{CO}_3)_2$), a partir de los 785°C comienza la primera fusión de compuestos y a cerca de 1450°C se da la fusión de más alto punto.

CAPÍTULO II: Contextualización

Tabla 2.1. Elementos utilizados en la coloración del vidrio.

Compuesto químico	Coloración
Óxidos de hierro	Verde
Óxidos de cromo	Verde, azul, café
Sulfito de hierro	Amarillo a café-rojo
Óxidos de níquel	Gris a verde
Óxidos de manganeso	Violeta
Óxidos de cobalto	Azul a violeta
Óxidos de cobre	Rojo-azul a verde
Selenio	Naranja a rojo
Sulfito de cadmio	Amarillo
Oro	Rubí a rojo
Plata	Amarillo
Óxidos de Manganeso /Sodio-Selenio + Oxido de Cobalto	Incoloro

Fuente: Comisión nacional del medio ambiente-región metropolitana, Fabricación de vidrio y productos de vidrio, Santiago, diciembre de 1999.

2.2. EL RECICLAJE.

Reciclar es el proceso por el cual convertimos materiales de desecho en otros productos útiles. El reciclaje es, junto con la reducción en la generación de residuos y la reutilización, uno de los pilares de las políticas y formas de actuación para preservar el medio ambiente y reducir el impacto ambiental de la actividad humana en el planeta.

Según datos de Ecoembes, en 2013 en Castilla y León se reciclaron 60.086 toneladas de envases ligeros, en torno a 10,9 kg por persona. En 2013 también, y según datos de Ecovidrio, se reciclaron un total de 849.728 envases de vidrio, 687.683 de ellos en contenedores en municipios del estado. En Castilla y León, un total de 15.94 kg por habitante.

Además, el reciclado de envases de vidrio en 2013 ha evitado la extracción de 825.220 toneladas de materias primas, ahorrado 1.038.401 MWh de energía y evitado la emisión de 460.748 toneladas de CO₂ a la atmósfera. Acorde a la página infoecología.com, se puede cuantificar el ahorro en el reciclaje de vidrio en las siguientes cifras: energéticamente, entre el 25 y el 32%; por cada tonelada de vidrio nuevo, se ahorran 1.200kg en materias primas.

De estos datos se extrae la relevancia y la importancia del reciclaje para el avance de la sociedad en su conjunto. La educación para concienciar sobre esta importancia, así como la dotación de medios materiales, tales como contenedores o plantas de tratamiento, hacen posible minimizar la huella ambiental de la sociedad en su conjunto.

El reciclaje comienza en la concienciación de la población con la responsabilidad que tiene cada persona con la sociedad y el medio ambiente. Separar los residuos es la primera fase para el reciclado, actividad que comienza en cada casa o cada empresa.

La cadena de reciclado continúa con la recogida selectiva en contenedores colocados con ese fin. Hasta ahora había tres tipos de contenedor atendiendo al residuo que recogían: material orgánico, plásticos o vidrio. En la actualidad, cada vez es más frecuente encontrar contenedores específicos para la recogida de aceite o ropa. La especificidad de los procesos de tratamiento y de las industrias de reciclaje permite que se pueda ampliar el campo de materiales reciclados en grandes cantidades.

Tras la recogida, se transportan los residuos a plantas de clasificación, donde son elegidos los materiales valorizables, que son llevados después a la planta donde se les dará el tratamiento definitivo.

Desde el consejo europeo hasta los municipios, se han tomado medidas para fomentar e incentivar el reciclado. Como consecuencia, la cantidad de material reciclado ha venido creciendo desde la implantación de estas políticas y normativas y su posterior desarrollo. Se lanzó una normativa europea que los estados debían desarrollar para cumplir unos objetivos fijados en esas normativas. En España, cada comunidad autónoma estableció sus reglamentos y normativas propias. A continuación se incluyen algunas normas y decretos que regulan el reciclado del vidrio, tanto a nivel europeo como a nacional y regional.

2.2.1. Normativas y directrices.

Normativas y directrices europeas:

- Directiva 75/442, 15 de julio de 1975. Diario oficial N° L 194. Relativa a los residuos.

CAPÍTULO II: Contextualización

- Directiva del consejo 91/156/CEE, 18 de marzo de 1991. DO N° L 78/32. Relativa a los residuos.
- Directiva 94/62/CE, 20 diciembre 1994, relativa a envases y residuos. DO N° L 365/10. Relativa a los envases y residuos de envases.
- Decisión de la comisión 97/129/CE, 28 de enero de 1997. DO N° L 50/28. Por la que se establecen los materiales de envase de conformidad con la directiva 94/62/CE.
- Decisión de la comisión 97/138/CE, 3 de febrero de 1997. DO N° L 52/22. Por el que se establecen los modelos relativos al sistema de bases de datos conforme a la directiva 94/62/CE.
- Decisión N°1600/2002, 22 de julio de 2002. Sexto programa de acción comunitaria en materia de medio ambiente. DO N° L 242/1. por la que se establece el Sexto Programa de Acción Comunitario en Materia de Medio Ambiente.
- Reglamento (CE) N° 2150/2002, 25 de noviembre de 2002. DO N° L 332/1. Relativo a las estadísticas sobre residuos.
- Directiva 2004/12/CE, 11 de febrero de 2004. DO N° L 47/26. Por la que se modifica la Directiva 94/62/CE relativa a los envases y residuos de envases.

Normativas y reales decretos nacionales:

- Ley 11/1997, 24 de abril. Ley de envases y residuos de envases (BOE 99).
- Real decreto 782/1998, 30 abril. Reglamento para desarrollo de la ley 11/1997. (BOE 104).
- Orden (10215), 27 abril 1998. (BOE 104). Por la que se establecen las cantidades individualizadas a cobrar en concepto de depósito y el símbolo identificativo de los envases que se pongan en el mercado a través del sistema de depósito, devolución y retorno regulado en la Ley 11/1997, de 24 de abril, de Envases y Residuos de Envases.
- Ley 22/2011, 28 de julio. Ley de residuos y suelos contaminados. (BOE 181).

Normativas y reglamentos regionales:

- Ley 11/2003, 8 de abril. Ley de prevención ambiental de Castilla y León. (BOCYL)
- Ley 3/2005, 23 de mayo. (BOCYL). De modificación de la Ley 11/2003 de prevención ambiental de Castilla y León.
- Decreto 18/2005, 17 de febrero. Plan regional de ámbito sectorial de residuos urbanos y de envases de Castilla y León. (Suplemento al BOCYL 37).
- Ley 1/2009, 26 febrero. (BOCYL). De modificación de la Ley 11/2003, de 8 de abril, de Prevención Ambiental de Castilla y León.
- Decreto 45/2012, 27 de diciembre. (BOCYL 249). Por el que se modifica el Decreto 48/2006, de 13 de julio, por el que se aprueba el Plan Regional de Ámbito Sectorial de Residuos Industriales de Castilla y León 2006-2010.
- Orden FYM/162/2012, 9 marzo. (Suplemento al BOCYL41). Por la que publica la relación de residuos susceptibles de valorización y se establecen los métodos y criterios para la estimación indirecta del peso y composición de residuos en el impuesto sobre la eliminación de residuos de Castilla y León.
- Decreto 11/2014, 20 marzo. Plan integral de residuos de Castilla y León. (BOCYL).

2.2.2. El reciclaje del vidrio.

El proceso de fabricación del vidrio no es estanco a la aportación de material reciclado. De hecho, se puede fabricar únicamente a base de material reciclado, con el ahorro que ello conlleva. El proceso de incorporación de vidrio reciclado no genera coste excesivo, ya que no obliga a incluir operaciones de alto coste de inversión.

Es necesario eliminar antes de mezclar con materias primas de nuevo uso el vidrio reciclado los materiales no vítreos, como corchos, papel, metal etc. que puedan estar junto al vidrio a reciclar. Para ello, se dan baños de agua, haciendo pasar el conjunto de materia a reciclar por bañeras, aprovechables

para limpiar el vidrio, donde por densidad se separan papel y corcho. Los materiales metálicos que pueda haber son separados mediante una cinta de transporte magnética, quedando atrapados en la cinta. Si con esto no bastase, se pueden incluir procesos de eliminación por identificación visual. Posteriormente se le trata con decolorante y se pasa por tambores o muelas hasta lograr el tamaño adecuado para mezclarlo. En ocasiones, esto ni siquiera es necesario, ya que se puede incluir tamaño grande si eso está controlado en los tiempos de fusión y calentamiento.

La aportación de material reciclado reduce el coste de la fabricación al reducir el de las materias primas, así como ayuda a rebajar los puntos de fusión, aunque también incluye impurezas y componentes sin controlar a la mezcla. Si se quiere obtener un vidrio libre de impurezas o con composición química controlada, hay que prever qué tipo de vidrio reciclado se utiliza para su fabricación.

2.3. ASPECTOS DE DISEÑO.

En este capítulo se va a tratar de recopilar la información expuesta en capítulos anteriores que afecta al diseño de un contenedor de reciclaje de vidrio y a exponer algunos aspectos a tener en cuenta en el diseño adaptado a personas con diversidad funcional a fin de definir posibles pautas a seguir en las propuestas de diseño. Se indicarán primero los aspectos por separado para posteriormente unificar los criterios y concluir indicaciones que sirvan como hipótesis de partida para el diseño propuesto.

2.3.1. Diseño de un contenedor. Aspectos importantes.

Se han nombrado en páginas previas algunos aspectos a tener en cuenta para el presente trabajo. A continuación se tratará de profundizar en los distintos problemas y soluciones necesarias presentes en el diseño. Además, se centrará por completo el estudio en los contenedores de reciclaje de vidrio urbanos.

El primer problema que se presenta al pensar en un diseño es el tamaño y la morfología a adoptar para el mismo. Estas características limitarán el volumen de residuos que puede albergar el contenedor, por lo que se debe tener en cuenta el volumen medio de residuos de vidrio que genera una familia media a fin de que el tamaño elegido satisfaga, con la frecuencia de recogida de basuras habitual, las necesidades de la población.

Las normas UNE mencionadas en el apartado 2.1 del presente trabajo, clasifican los tamaños en función del volumen que albergan. Así se tienen divisiones en: 400, 1.300, 1.700, 3000, 5.000 y 10.000 l. Las cargas aproximadas para las que se diseñan habitualmente los iglúes de vidrio están en torno a los 10.000 kg con volúmenes de cerca de 10.000 l.

En cuanto a la morfología, se debe maximizar el espacio interior facilitando tanto el llenado como el vaciado del contenedor. Para ello debe buscarse no colocar elementos interiores cerca del suelo del contenedor. Además, las bocas de entrada deben proporcionar acceso a cualquier punto del contenedor a fin de asegurar un reparto uniforme que no impida la entrada de residuos si no se llena completamente el volumen del mismo. Habitualmente se opta por la forma de iglú para los contenedores de reciclaje de vidrio. Las bocas de llenado se encuentran en la parte superior y en extremos opuestos de un mismo diámetro, por lo que se permite y facilita que los cascos caigan en el centro y se viertan hacia las paredes del contenedor.

Las bocas de acceso son circulares de un diámetro suficiente como para dar cabida a varios cascos a la vez, y las compuertas de vaciado liberan toda la superficie de la base evitando así que ningún casco quede en el interior durante dicha operación.

Se pone de manifiesto un segundo problema importante, la forma de llenado y vaciado del contenedor. En cuanto al llenado, es relevante ya que, como se ha indicado previamente, el vidrio se recicla fragmentado, por lo que es conveniente lograr eso en la recogida. Además, como ya se ha indicado, se debe buscar un llenado uniforme del volumen, por lo que se debe facilitar dicha distribución si se quiere lograr un buen diseño.

El vaciado debe ser lo más efectivo posible, sin dejar ningún resto en el contenedor. Además, en el caso específico del vidrio y dadas las horas habituales de recogida de residuos urbanos en los municipios y ciudades, es conveniente realizar este vaciado de la forma más silenciosa posible. Por ello, se debe incluir en el diseño una opción de vaciado que permita el vaciado progresivo en el camión de recogida.

La forma de vaciado elegida en el diseño condicionará la estructura portante del contenedor así como los posibles rigidizadores que pudieran añadirse a

fin de mantener la rigidez del conjunto en el alzamiento del contenedor pleno de carga.

De aquí se deduce un tercer problema: el material a utilizar, la identificación las propiedades y características técnicas a priorizar y sus magnitudes de mínimos necesarias para el correcto mantenimiento y funcionamiento del contenedor. La resistencia mecánica, la dureza y la resistencia a la corrosión se presumen las más importantes a tener en cuenta en un primer acercamiento.

En función de él, se valorará la adición de una estructura resistente que asuma el porcentaje mayoritario de la carga o simplemente sirva como elemento rigidizador para evitar las deformaciones que se pudieran dar. Este tipo de estructuras, servirán o no para apoyar los sistemas de apertura para el vaciado y serán los soportes de los elementos de fijación para la elevación del contenedor en dicho proceso.

2.3.2. Diseño adaptado.

A continuación se van a exponer algunos conceptos de diseño adaptado. Existen multitud de diversidades funcionales que pueden afectar a una persona: limitaciones en la movilidad, falta de percepción en los sentidos, enfermedades mentales. Todas ellas afectan a la población y todas deben ser tenidas en cuenta en un diseño adaptado, aunque se va a dar en este caso más relevancia a las de limitación de movilidad.

Los aspectos a tener en cuenta en un diseño adaptado engloban todas y cada una de las posibilidades y fases del diseño, ya que el uso del objeto a diseñar debe ser posible para cualquier usuario o usuaria. Es decir, no basta con seguir una serie de reglas para adaptar un diseño, debe ser adaptado desde el origen del concepto. Se debe tener en cuenta desde la ubicación a la luminosidad que desprende.

Es evidente que no todos los diseños se verán afectados de igual manera a la hora de adaptarlos, ya que no todos van a estar teóricamente expuestos a todos los usuarios. Por ejemplo, un motor eléctrico no va a estar en teoría en contacto con personas con problemas de movilidad articular en extremidades superiores, pero éstas si van a estar en contacto con un contenedor situado en la vía pública.

De esta manera, sin dejar al margen ninguna posibilidad de cambio en el diseño para que resulte más accesible, se debe poner de manifiesto qué personas con diversidad funcional van a estar más cerca o en contacto con el diseño en cuestión, a fin de poner especial atención en los problemas de acceso que sufren dichas personas.

Siguiendo a Francesc Aragall en su libro², se van a dar una serie de criterios a tener en cuenta por el diseñador para cambiar el punto de vista y realizar un diseño adaptado desde el principio.

Primero, se debe pensar en facilitar el uso del producto. Pero no sólo el producto, si no el entorno en el que se ubicará y las circunstancias que rodearán su uso habitual. Se debe tener en cuenta si habrá espacio suficiente para el uso adecuado por todas las personas y ofrecer soluciones en caso de que no se considere posible a priori.

Además, se debe tener en cuenta la problemática de cada conjunto de la población. Se tiende a pensar que los seres humanos son hombres adultos, sin tener en cuenta mujeres, niños o ancianos. De igual manera, se toma una complejidad media, olvidando a veces personas más delgadas u obesas, de menor o mayor talla que la media. Se olvida que se usan muletas o prótesis, se es alérgico a algún material, se va en silla de ruedas, fallan los reflejos, puede fallar la memoria o el entendimiento del lenguaje, se es ciego o sordo, mudo o se tienen pérdidas en alguno de los sentidos. El diseño debe integrar en su conceptualización estas consideraciones. Se debe, como dice el autor: “desterrar la idea de imaginarse a sí mismo haciendo de modelo de todos los posibles usuarios.”³

De igual manera, se debe tener en cuenta que antes y después de usar el diseño se pueden tener que realizar acciones concretas, aproximarse, desplazar objetos u otras acciones. Se debe, por tanto, desterrar la idea del diseño aislado y descontextualizado de su entorno, usuarios y tiempo de uso.

2.3.3. Conclusiones y caracterización de criterios.

Se han visto aspectos generales a tener en cuenta para el diseño de contenedores urbanos de reciclaje y para el diseño adaptado. Se va a tratar, a

² F. Aragall, **Diseño para todos. Un conjunto de instrumentos.** (2008).

³ F. Aragall, **Diseño para todos. Un conjunto de instrumentos.** (2008).

continuación, de sintetizar dichos aspectos y extraer unos criterios a utilizar para el desarrollo del diseño propuesto.

En cuanto al tamaño y morfología, se verá condicionado por el volumen de residuos a obtener y por la correcta accesibilidad para cualquier posible usuario. De esta manera, deberá contar con al menos un acceso a entre 70 y 90 cm del suelo y no deberá superar los 10.000 l. Éste, será de tal manera que pueda ser utilizado por personas en silla de ruedas, ciegas, con asimetría física o con problemas de movilidad articular. Es decir, deberá ser de fácil agarre, posible de utilizar con una sola mano y sencillo. Además, no deberá sobresalir en su parte superior sin hacerlo por la inferior, para poder ser localizado eficazmente con un bastón.

Esto puede condicionar la estructura resistente que soportará y dará rigidez al contenedor, de forma que debe buscarse integrar dicho mecanismo en la misma. Se ha expuesto que el proceso de vaciado debe ser limpio y completo, por lo que esta estructura no debe ocupar espacio interior ni cruzar el mismo impidiendo la salida.

El vaciado debe ser lo menos ruidoso posible, por lo que el mecanismo propuesto para ello debe ajustarse a este condicionante: ser progresivo y verter el vidrio de forma controlada y gradual.

Deberá optarse por un material que soporte las condiciones impuestas para la recogida de vidrio. Se supondrá una carga máxima de 11.000kg para realizar los cálculos de resistencia. Además se debe tener en consideración la corrosión que puede experimentar dicho material debido tanto al contacto con el ambiente como con los líquidos que resulten de la fragmentación de los cascos, suponiendo a su vez que se puedan producir limaduras y rozaduras entre el vidrio y el material de las paredes del contenedor, generando así zonas de posible origen de corrosión. Por ello debe tenerse en cuenta la dureza de las zonas de contacto. Por último, se estimarán como mejores los materiales que cumpliendo estos requisitos sean lo más ligeros posibles.

2.4. CONTENEDORES.

Se va a tratar en este capítulo del estudio de los contenedores. Son el eslabón visible de la cadena de reciclaje para la población y ocupan un lugar importante en ella ya que generalizan el proceso de selección de residuos en ciudades y municipios. Por ello, se va a estudiar de forma más profunda las distintas opciones existentes que se ofrecen a fin de conocer la problemática de diseño y realizar la propuesta más adecuada posible para su uso por personas con o sin diversidad funcional.

Se comienza por analizar el contenedor como elemento funcional. El propósito básico de un contenedor es dar cabida a una cantidad determinada de un tipo específico de ítems. Según el contenido para el que se diseña el contenedor, tanto la forma como el material empleado puede variar, y con ellos la problemática del diseño. No será la misma si se trata de un contenedor para el transporte masivo de mercancías en un carguero que si se trata de retener papel reciclado. Por tanto, el diseño de un contenedor de reciclaje será distinto que cualquier otro, y el de uno urbano distinto en principio de uno industrial.

Los contenedores de reciclaje urbanos, en los que se centrará el trabajo, deben estar preparados para el contacto con material orgánico o cortante. Además, en el proceso de vaciado deben soportar el peso de los residuos contenidos, por lo que deben ser resistentes química y físicamente. Se diferencian según el volumen de residuos para el que están diseñados según las normas que los regulan (ver capítulo anterior). Se deduce que el peso que deberá soportar un contenedor urbano de reciclaje variará para un mismo volumen en función del residuo para el que esté destinado. Es decir, el volumen y el residuo a retener son factores condicionantes para el diseño. Además, el tipo de residuo condiciona la presencia o no de líquidos lixiviados y malos olores que deben ser recogidos.

Lo mismo se puede decir de la geometría prevista para los residuos a los que esté destinado. Tanto los accesos como la forma de evacuación deben responder a la simplificación de dichos procesos para la geometría prevista del residuo.

La forma de vaciado condiciona a su vez el dispositivo de elevación que se escoja para llevarla a cabo. Se encuentran en la actualidad dispositivos que permiten la descarga lateral o por la parte inferior del contenedor.

Tras este análisis superficial de algunos de los problemas presentes en el diseño de un contenedor urbano de reciclaje, se va a analizar cada solución

existente actualmente. Se distinguen dos tipos de contenedores de acuerdo a su situación urbanística: soterrados y superficiales.

2.4.1. Soterrado.

Los contenedores soterrados son aquellos cuya cuba se encuentra bajo el nivel de la vía pública. En ella sólo queda un buzón, lo que deja más espacio disponible para aceras y vías de peatones. Permiten también la reducción de olores, ya que se diseñan con sistemas de retención de líquidos y gases y se debe garantizar la estanqueidad para evitar filtraciones de agua de lluvia al contenedor. Además, al no exponer directamente el contenedor se mejora la imagen pública y se logra más limpieza en la calle. Siempre que las tapas de acceso respeten las medidas aconsejadas por los estándares de diseño adaptado, son contenedores accesibles. El vaciado es distinto en función del tipo de contenedor soterrado. El principal inconveniente de éstos contenedores es la obra pública que es necesaria para su implantación. El soterramiento no siempre es viable por las características de la ciudad, por lo que no siempre es una solución factible.

2.4.1.1. *Tipos de contenedor soterrado.*

Se pueden distinguir dos tipos de contenedor soterrado en función del tipo de vaciado según la apertura del contenedor: lateral o inferior. Los laterales son vertidos en el camión de recogida lateralmente o por la parte de atrás. En las siguientes imágenes se muestran ejemplos:



Figura 2.1. Descarga lateral de contenedor por un lateral del camión. (Fuente: Contenur)



Figura 2.2. Descarga contenedor de forma lateral por parte de atrás del camión. (Fuente: Sotkon).



Figura 2.3. Contenedor de descarga por la parte inferior. (Fuente: Contenur).

CAPÍTULO II: Contextualización

Esta diferencia se da en función de si la cuba a soterrar es un contenedor superficial existente sin la parte superior o un diseño nuevo. Los diseños nuevos se hacen en forma de cuba rectangular como la vista en la figura 2.3 con apertura inferior.

Ambos tipos requieren de obra civil. Es necesaria la realización de un foso en el que ubicar los contenedores. En dicho foso se colocan piezas de hormigón armado prefabricado e impermeable, sobre una losa niveladora. Estas piezas deben tener dimensiones ajustadas a cada tipo de contenedor que acojan, por lo que son distintas en función de la capacidad. El diseño y la colocación de estas piezas será distinto también en función de si se quieren soterrar contenedores existentes o cubas nuevas, de forma que el foso puede quedar dividido en espacios separados o ser un todo que dé cabida a los distintos contenedores existentes. En la siguiente figura se ilustran estas dos opciones:



Figura 2.4. Distinción entre espacios para el soterrado de contenedores. (Fuente: Contenur).

En la imagen de la izquierda se aprecian espacios separados por prefabricados de hormigón armado con un contenedor de nueva instalación y a la derecha contenedores existentes individuales solo separados por barras metálicas.

Según esta distinción, se condiciona la forma de extracción de las cubas del subsuelo. En el caso de los separados, la extracción se efectúa con una grúa o pluma fijando el contenedor por la parte superior para vaciarlo por la inferior. En el otro caso, se requiere de una plataforma sobre la que se asienten las cubas que se eleve del terreno para dejarlas al nivel de la vía pública. En ambos casos, las placas protectoras que se colocan en la superficie para cerrar y proteger los fosos deben ser levantadas para dar acceso a las cubas, por lo que se requiere de un sistema de elevación. Suele utilizarse un dispositivo hidráulico de cilindros con barras en tijera para la

CAPÍTULO II: Contextualización

elevación de las plataformas y apertura simultánea de la superficie, aunque puede colocarse en sistemas separados o sólo levantar las chapas de la superficie junto a los buzones. Pueden utilizarse también sistemas de piñón cremallera para elevar la plataforma. En las siguientes figuras se muestran detalles sobre estos sistemas:



Figura 2.5. Sistema piñón cremallera (izda) y neumático (dcha). (Fuente: IT 06, Ayto. Vélez)(2014).



Figura 2.6. Ejemplos de guías de elevación simultánea de plataforma y chapas superficiales. (Fuente: IT 06, Ayto. Vélez)(2014).

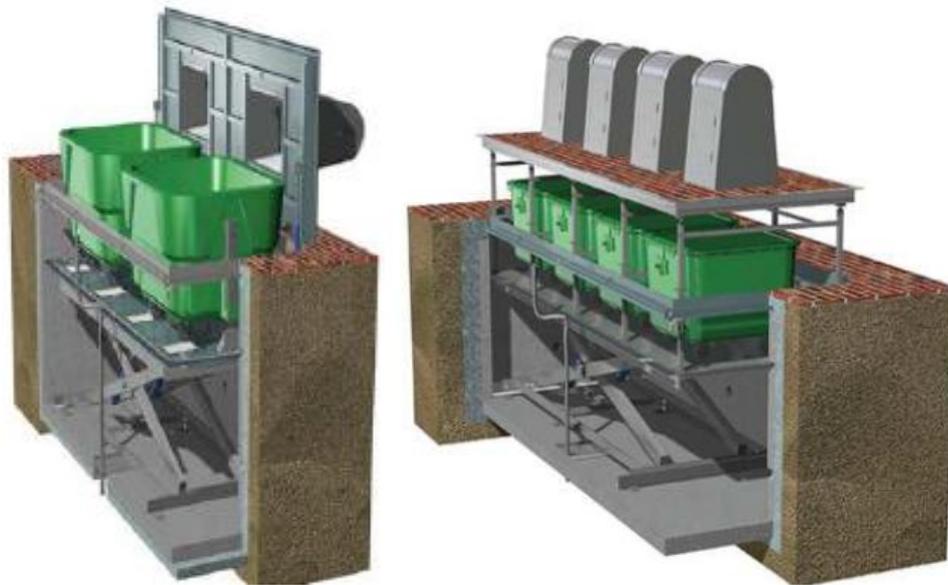


Figura 2.7. Sistemas de tijera para elevación de plataforma y chapas simultánea. (Fuente: IT 06, Ayto. Vélez) (2014).

Las chapas superficiales se colocan para proteger el foso donde se ubican las cubas. A la vez, impiden el paso de agua al mismo y cumplen una función estética y de seguridad para los usuarios de la vía pública. Se fabrican y colocan de chapa lagrimada metálica o caucho, aunque pueden ser de otros materiales a fin de armonizar el entorno urbano.

El buzón puede ser de polietileno de alta densidad o de chapa galvanizada o de acero inoxidable. La consigna es que el material en contacto directo con los residuos sea inoxidable y que el resto sea tratado para aumentar su durabilidad. La cuba interior va inserta en un vaso de hormigón prefabricado, que sirve como espacio y elemento fijo al terreno y puede estar fabricada de polietileno de alta densidad o de metal, siempre inoxidable. La estructura portante suele ser de acero galvanizado, a fin de aguantar el ambiente agresivo y proporcionar resistencia al conjunto.

2.4.2. Superficiales.

Son los más habituales. En ellos las cubas son visibles en la vía pública y ocupan un espacio en ella. A estas se accede mediante orificios o tapas situadas en la cuba o como parte del diseño cerrando las cubas. Se pueden diferenciar, como los anteriores, según la forma de descarga en el camión de

recogida. Así, se encuentran de vaciado inferior o superior, en función de si se produce a través de las tapas por las que se llena o por puertas que forman el suelo del contenedor. A continuación se muestran ejemplos de esta distinción:



Figura 2.8. Ilustración de distintas formas de vaciado de contenedor. (Fuentes: alicanteactualidad.com, ecodiario.eleconomista.es)

En esta figura se aprecian también distintas formas de introducir los residuos a las cubas. En la imagen de la izquierda, se puede ver tapas para acceder y en la de la derecha un orificio de acceso directo al interior del contenedor. En la imagen de la derecha, se observan asimismo las compuertas metálicas por las que se vaciará el contenedor, en forma de dos semicírculos articulados en bisagras situadas en extremos opuestos de un diámetro de la circunferencia de la base.

Existen contenedores en los que se recogen aceite o ropa. En ellos las tapas consisten en bandejas que giran o pivotan vertiendo el contenido en el interior de la cuba al realizar ese movimiento. La forma de vaciado y descarga es en estos contenedores mediante una puerta en la parte frontal del mismo.

Los contenedores superficiales pueden estar fabricados en acero galvanizado, polietileno de alta densidad o fibra de vidrio según el modelo y el residuo con que tendrán contacto. Todos llevan un sistema de fijación para ser levantados y vaciados, así como un mecanismo de apertura de las puertas por donde se producirá tal acción. Estos mecanismos pueden ser de anilla simple, doble o Kinshofer. Se ilustran en la siguiente figura:

CAPÍTULO II: Contextualización

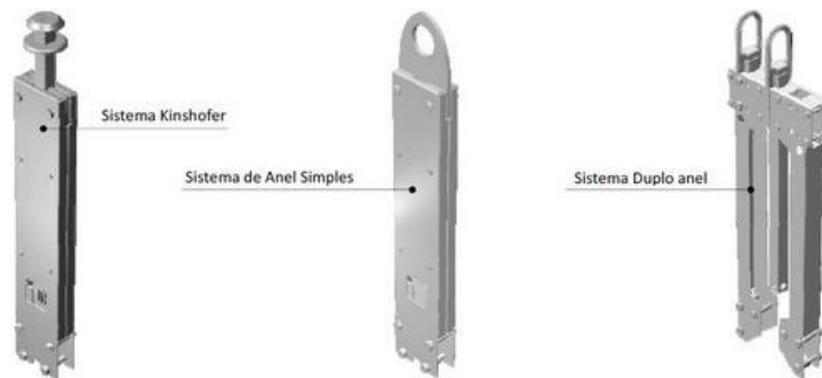


Figura 2.9. Sistemas habituales de elevación. (Fuente: ovosolutions.com).

Estas disposiciones del sistema de elevación enlazan con distintos sistemas de cables, poleas o cierres que accionan las compuertas inferiores para su apertura de forma controlada por los operarios del camión de recogida.

- El sistema Kinshofer consiste en un émbolo de doble recorrido que se desplaza por el interior de un tubo con una anilla de fijación y que acciona la apertura o cierre de las compuertas. El contenedor se eleva fijándose en la anilla y una vez está situado en posición, se abren las compuertas accionando el émbolo. Al desplazarse, actúa sobre un sistema de poleas y cables que resultan en la apertura de las compuertas, como se muestra en la siguiente figura:

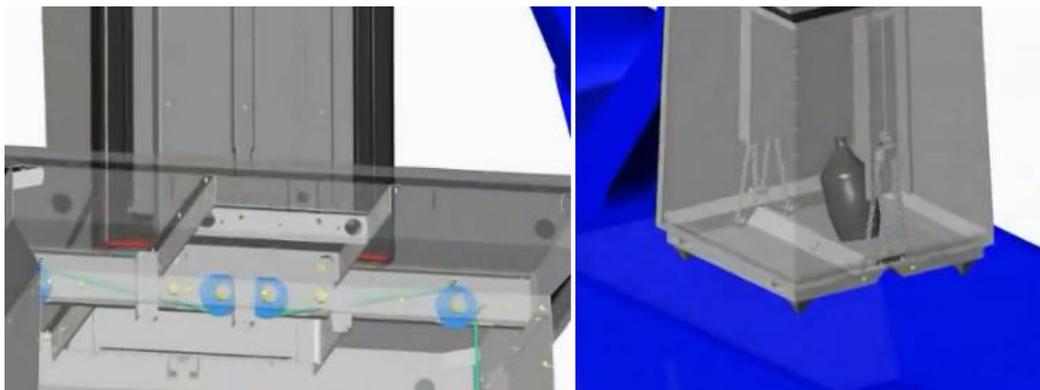


Figura 2.10. Detalles del sistema de elevación Kinshofer. (Fuente: ovosolutions.com).

- El sistema de anilla simple permite trabajar con camiones con gancho simple. Se fija sobre la estructura resistente y se articula en torno a ella. La apertura de la compuerta se efectúa mediante un “pedal” de

presión activado al entrar en contacto con el suelo del camión. De esta manera se abre la puerta de forma progresiva y se evitan ruidos, sobre todo en el caso del vidrio. Una vez vacío, con la presión y asentamiento de la compuerta sobre el suelo y el pedal se vuelve a cerrar el sistema.



Figura 2.11. Detalle apertura por pedal. (Fuente: ovosolutions.com).

- El sistema de anilla doble requiere de un gancho más complejo: debe poder elevar y accionar el sistema de apertura con el contenedor en el aire. El funcionamiento de este sistema consiste en dos tubos que se deslizan uno del otro. El tubo de fijación permite elevar el contenedor, colocando la parte superior del brazo de elevación en tensión. Ésta se une a la armadura, de donde parten los brazos de abertura, articulados y unidos a las puertas inferiores. En el extremo de este tubo se encuentra el anillo fijo que permite estabilizar el contenedor en altura. La descarga se produce cuando la cabeza de elevación desciende. El mecanismo de los brazos permite que se abra la tapa inferior.



Figura 2.12. Detalle de sistema de doble anilla. (Fuente: ovosolutions.com).

CAPÍTULO III: PROPUESTA DE DISEÑO

Se va a tratar en este capítulo, siendo tenidas en cuenta las consideraciones hechas en el anterior capítulo, de proponer un diseño para la adaptación de un contenedor para el uso de personas con diversidad funcional.

Antes de presentar dicha propuesta, se va a desarrollar el proceso de diseño a fin de mostrar las diversas opciones tenidas en cuenta. Esto permitirá tanto comprender el diseño propuesto como el punto de partida para posibles modificaciones, aportaciones o desarrollos de diseños que den otras posibles soluciones al problema que en este trabajo se plantea.

Tras recopilar, en el anterior capítulo, la información suficiente para comenzar a plantear distintas opciones de diseño, se comienza por plantear un diseño completo de contenedor: estructura, sistema de elevación, compuertas inferiores etc. Además, se plantea añadir un sistema que permita la accesibilidad del uso a cualquier usuario.

3.1. ASPECTOS RELATIVOS AL CONTENEDOR.

A continuación se van a tratar los aspectos que tienen relación con el contenedor propiamente dicho y que no estaban definidos hasta ahora: geometría, sistema de elevación y accesos.

3.1.1 Forma exterior.

Se tienen en cuenta para empezar, todas las posibles formas exteriores existentes: iglú, contenedor prismático para papel, contenedor de apertura superior para residuos orgánicos o plástico, contenedores industriales, marítimos, etc.

La forma exterior debe maximizar el espacio y ofrecer uno adecuado para el uso de personas con diversidad funcional, por lo que se valora que debe tener una pared plana y próxima a la vía para peatones. Así, se satisfacen ambas necesidades.

Por tanto, de las formas exteriores antes mencionadas, la prismática, la de apertura superior y la de algunos contenedores industriales y marítimos satisfacen estas necesidades. Se desecha la posibilidad de adaptar la forma de contenedores industriales ya que se presume un volumen de residuos menor que el considerado en estas instalaciones. Se desecha igualmente la opción de contenedores de apertura superior dado que por sus dimensiones habituales se valora más complicado añadir una variante que satisfaga las hipótesis de diseño adaptado a personas con diversidad funcional. En la figura 3.1 se presentan ejemplos de dichas formas exteriores desechadas.

De esta manera, se valora como la forma más ajustada a las necesidades de diseño la prismática, similar a la existente en los contenedores de reciclaje de papel y cartón, ilustrada en la siguiente figura 3.2.

Capítulo III: Propuesta de diseño



Figura 3.1 Contenedores de apertura superior e industriales. (Fuente: industriasruca.com)



Figura 3.2. Contenedor de reciclaje de papel. (Fuente: segundaplenitud.wordpress.com)

3.1.2. Sistemas de elevación y apertura.

Como primera opción, se valora la posibilidad de generar, así como con la forma exterior, un diseño nuevo para estos sistemas. Sin embargo, el diseño de esos sistemas nada aporta al objetivo de este trabajo, por lo que se considera la elección de uno de los ya existentes.

Como sistema de elevación, se toma el de doble gancho o doble anilla, ilustrado en la figura 3.3, y la apertura se realiza mediante compuertas situadas en la parte inferior, que se abren progresivamente con el accionamiento del sistema de elevación.



Figura 3.3. Sistema de elevación-apertura de doble anilla. (Fuente: ovosolutions.com).

3.1.3. Accesos al contenedor.

Se considerarán accesos al contenedor aquellos orificios, puertas o compartimentos que comuniquen el interior del contenedor, directa o indirectamente con el exterior posibilitando la entrada de elementos al mismo.

Como formas de acceso al contenedor, se considera adecuado mantener el formato existente en los actuales iglúes para vidrio: dos orificios de acceso en

lados opuestos de un mismo diámetro. Dado que la forma exterior elegida no es de revolución, se optará por mantener dos orificios en caras opuestas del prisma.

Además, se añadirá un orificio más, que cumpla las condiciones de diseño adaptado a personas con diversidad funcional. Teniendo en cuenta estas condiciones, se considera oportuno desde el inicio situar este tercer acceso en la cara del prisma situada más cerca de la vía pública para peatones. Esta cara constará únicamente de este acceso, en un primer momento como forma de favorecer la especificidad de uso. Luego, se hará necesaria este hecho ya que se requiere del espacio para el mecanismo que incorpora el diseño y que se desarrolla en apartados posteriores.

Este acceso debe tener dimensiones que permitan ubicar en su interior sin esfuerzo o complicaciones los residuos de vidrio que van a ser depositados para su reciclaje en el contenedor. Teniendo en cuenta el tamaño habitual de las botellas de vidrio y la longitud de las más grandes habitualmente comercializadas, se propone un orificio rectangular de 40 cm de ancho por 25 cm de alto.

3.1.4. Propuesta de diseño exterior.

A continuación, en la figura 3.4, se presentará una imagen simplificada de una propuesta exterior, incorporando únicamente los aspectos comentados entre el apartado 3.1.1 y el 3.1.3. Esta propuesta no incluye aspectos más concretos de la carcasa exterior, ubicación o dimensionamiento de las estructuras o sistemas de elevación y apertura o de la carcasa exterior. Sí pretende reflejar las ubicaciones de los accesos, su localización en las paredes y otros aspectos comentados en los apartados anteriores.

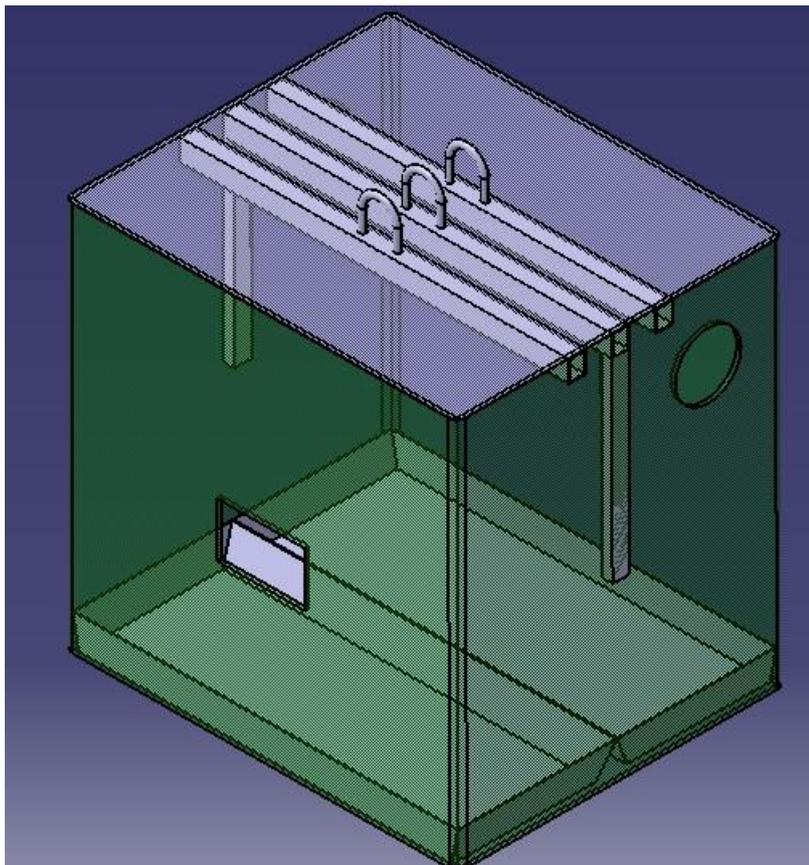


Figura 3.4. Propuesta adaptación exterior contenedor.

Esta figura pretende dejar claros de forma gráfica los aspectos antes comentados que deben ser concluyentes y prácticos para adaptar un contenedor al uso de personas con diversidad funcional, no proponer un diseño exterior como tal o definir concretamente la imagen exterior, las estructuras que lo rigidizan o el sistema de elevación y su ubicación.

3.2. APORTE DE ADAPTACIÓN.

A partir de ahora se desarrollará tanto el proceso y las distintas opciones por las que se pasó como el resultado final en el que se concreta el aporte al diseño para la adaptación del contenedor a personas con diversidad funcional.

Como se ha comentado anteriormente, en un primer acercamiento se piensa en realizar un diseño adaptado de todo el contenedor, especificando cada una de sus partes y realizando diseños nuevos para cada una de ellas. Pronto se llega a la conclusión de lo apartada que está tal empresa del objetivo del trabajo y de la amplitud que se prevé para un Trabajo de Fin de Grado.

En lugar de eso, se lleva a cabo un giro en el punto de vista, focalizando el trabajo y el proceso de diseño en lograr un aporte a un diseño ya existente, de forma que el trabajo se adecúa a lo requerido y se hace más fácil llevar a cabo como solución real dicha aportación debido a la reducción de costes que supone aprovechar modelos actuales y realizar una modificación en su proceso de fabricación.

3.2.1. Opciones consideradas.

Se tomaron en consideración distintos tipos de opciones para lograr la adaptación de uso para personas con diversidad funcional de un modelo ya existente de contenedor.

Se parte de lo ya existente: accesos más bajos o palancas para posibilitar la apertura de contenedores de acceso por la parte superior, mostradas en la imagen siguiente:



Figura 3.5. Acceso bajo (izda) y adaptación por palanca (dcha). (Fuentes: aprenderareciclar.wikispaces.com y el correo.com)

Ambas opciones parten de la premisa de diseño adaptado de colocar los accesos o accionamientos como máximo a 90 cm de altura sobre el suelo. No obstante, se plantea como punto de vista ampliar el diseño no sólo a personas en silla de ruedas, sino a la mayor parte de personas con diversidad funcional posible. De esta manera, se plantea que el aporte debe ser utilizable por personas con una sola mano, en muletas, con poca fuerza de física o en las manos...

La boca baja como única medida de adaptación se desecha pronto ya que al llegar la altura de residuos a la de la boca, se imposibilita su uso. Se piensa como añadido necesario separar un espacio para garantizar el uso en cualquier condición de la boca baja. Esta solución no se encuentra satisfactoria ya que se pretende utilizar un espacio común y no limitar la forma de llenado o vaciado del contenedor.

Teniendo en consideración las necesidades de un acceso a baja altura y de no separar espacios de vertido, se alcanza la propuesta de un sistema que tome algo de baja altura y lo eleve.

Este sistema, aún sin definir, debe ser barato, práctico, resistente y lo más simple posible. Se desechan así las opciones eléctricas o electrónicas, por tener coste más elevado y previendo la exposición a humedades o gases procedentes de los residuos remanentes en los vidrios vertidos.

Se llega así a la conclusión de realizar un diseño para un mecanismo puramente mecánico. Éste será constituido por piezas metálicas, con la consigna de ser lo más ligeras y simples posible.

3.2.2. Condiciones y restricciones.

Una vez tomada la decisión de realizar un mecanismo, se empiezan a diseñar posibles bocetos y esquemas que cumplan los requerimientos que las dimensiones ya fijadas imponen. A continuación se incluye un esquema con dichos límites, figura 3.6.

En este esquema, se ilustran las cotas de alturas fijadas: altura del contenedor (180 cm) y la altura máxima y la mínima para situar el acceso (70 cm, 90 cm). Se tratará de verter lo más cerca del límite superior posible y recoger lo más cerca del inferior.

Ante esta problemática, se decide colocar una superficie que se desplace en la que depositar los residuos y que vierta el contenido al contenedor a una altura fijada. Dicha superficie será a efectos prácticos, una bandeja. Se toma como objetivo del mecanismo lograr dicho desplazamiento.

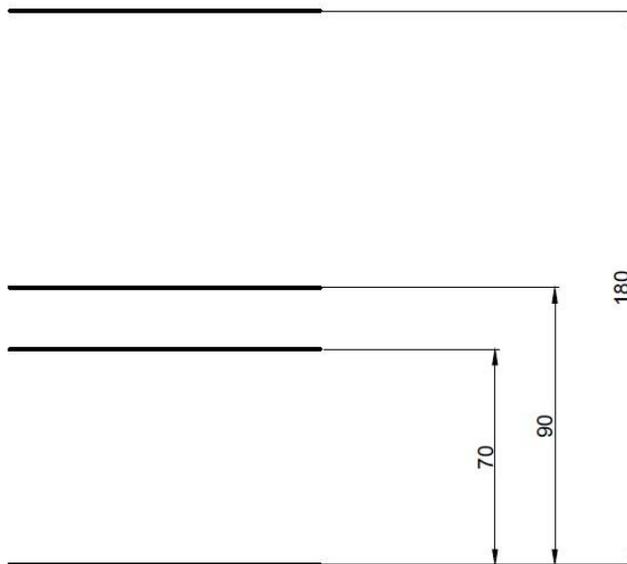


Figura 3.6. Límites fijados para el diseño del mecanismo (en cm).

La inclusión de elementos mecánicos móviles lleva a delimitar un espacio asilado del contenedor en el que colocar el mecanismo para que no surjan problemas como el atascamiento por la inclusión de vidrio roto. Por tanto, las dimensiones de este espacio condicionan la forma y geometría del posible mecanismo, aunque sin estar aún fijadas. Se busca como condición de diseño para el mecanismo, minimizar las dimensiones posibles de este espacio.

Esta separación física de espacios debe ser salvada por la superficie o bandeja antes mencionada. Se plantea en principio el giro sobre uno de los bordes para verter lo depositado sobre ella al otro lado de la pared que separe dichos espacios. Para realizar este giro, se limita una cota más en la parte superior para generar el espacio que requiera. Esta cota dependerá de la anchura de la bandeja, tal y como se plantea de entrada el diseño. En el esquema de la figura 3.7 se muestra esta nueva cota.

Teniendo esta restricción en cuenta, se llega a delimitar un recorrido para la bandeja en vertical de cerca de 80 cm.

Fijar el ancho de la bandeja, lleva a limitar o al menos pensar en un límite en la dirección de esa dimensión para el espacio reservado al mecanismo. Es decir, el diseño adquiere el condicionamiento de ser lo más compacto posible.

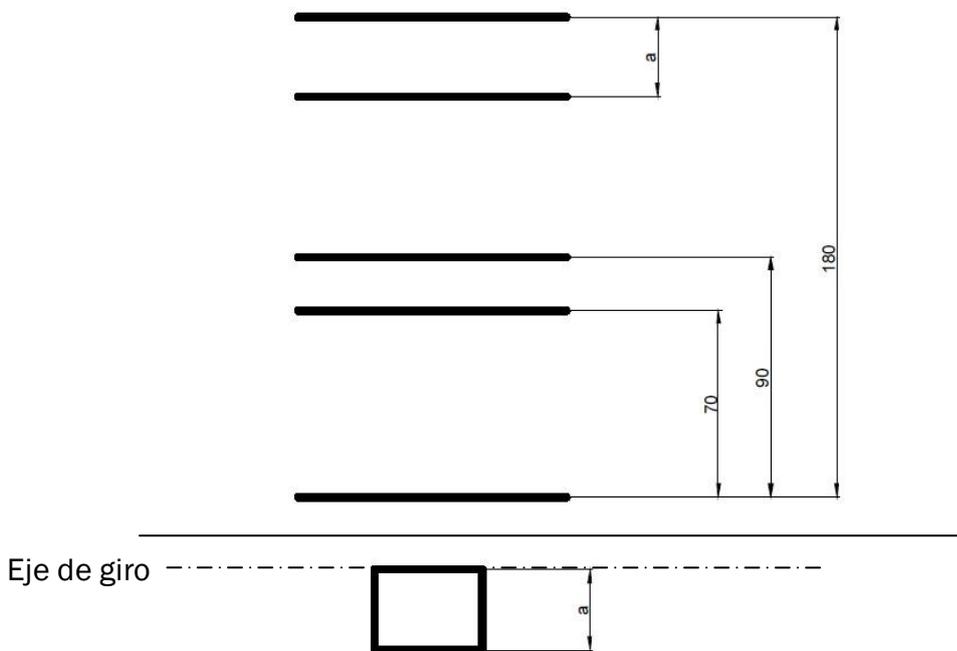


Figura 3.7. Nueva cota límite de altura.

Resumiendo, las condiciones y restricciones tenidas en cuenta hasta el momento limitan el diseño del mecanismo a un mecanismo compacto, simple que logre un desplazamiento vertical y un giro salvando una cota cuanto más alta mejor. Además, estará separado físicamente dentro del contenedor, que debe ser lo más pequeño posible.

3.2.3. Posibles mecanismos.

Con estas condiciones, se plantean dos posibles modelos: elevación mediante un sistema de poleas o mediante un sistema biela manivela. La primera opción es más simple y surge antes en el tiempo. Se trata de sujetar la bandeja a elevar mediante cables y accionarlo mediante varias poleas para elevarlo. Simultáneamente se genera la propuesta de lanzar con cierta velocidad los vidrios depositados en la bandeja, a fin de lograr tanto un

vertido satisfactorio como una rotura de los mismos en trozos más pequeños. Así se aumentaría la capacidad del contenedor sin aumentar su volumen.

En este primer acercamiento al sistema de poleas, no se toma en consideración como se activa este sistema, o como retorna a su posición original. Se plantea únicamente la posibilidad de lograr el desplazamiento vertical de la bandeja de este modo.

Se pasa entonces a profundizar en el método de giro de la bandeja. Se plantea que surja llegando a un tope fijo, aprovechando el desplazamiento vertical para lograr el giro.

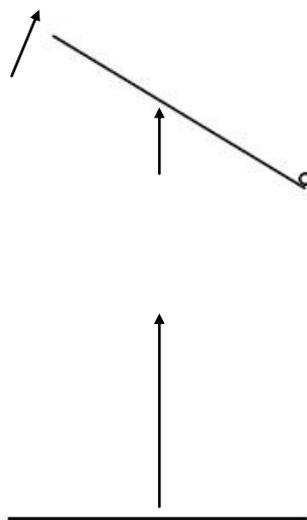


Figura 3.8. Movimiento y giro de la bandeja de recogida.

Es al juntar el sistema de elevación por poleas y esta forma de giro cuando se desecha la posibilidad de emplear esta elevación. Al tirar de un punto concreto mediante el cable, se produce previsiblemente flexión en la bandeja, generando posibles componentes del desplazamiento que no coincidan con las marcadas por unas hipotéticas guías verticales que limitaran su movimiento de forma real. Por tanto, surge la posibilidad de atoramiento al elevar la bandeja. Debido a lo cual se descarta el sistema de poleas como medio para lograr la elevación.

Se trabaja a partir de este punto el sistema biela manivela, como el mostrado en la figura 3.9 a modo de elevador. El planteamiento es similar a un pistón

en un motor de combustión interna alternativo. Se genera un desplazamiento vertical transformando un giro sobre un eje perpendicular al desplazamiento.

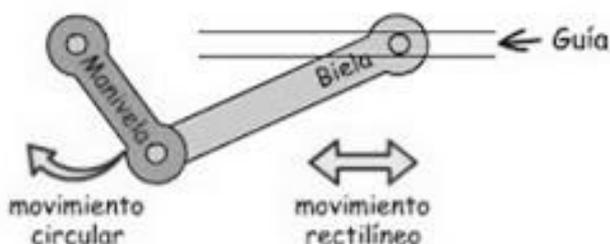


Figura 3.9. Sistema biela manivela. (Fuente: elblogdelprofesordetecnologia.blogspot.com)

En este sistema, se logra un recorrido rectilíneo y alternativo de longitud igual al diámetro del círculo resultante del giro de la unión entre la biela y la manivela alrededor del eje de giro.

En este sistema, se plantea, como con las poleas, dotar de velocidad a la bandeja en su ascenso para lograr el vertido mediante el lanzamiento de los vidrios contenidos en la misma. Como se describirá posteriormente, se tiene en cuenta esta opción, aunque la propuesta final de diseño añade un ángulo de inclinación a la bandeja para facilitar el vertido mediante la gravedad.

En cuanto al desplazamiento, y dado que se requiere en torno a 80 cm de desplazamiento y dado el requerimiento de colocar la bandeja en la que se depositarán los vidrios a la menor altura posible, 70 cm, resulta imposible alojar un mecanismo biela manivela de esas dimensiones bajo dicha bandeja.

Se plantean varias soluciones posibles: hacer hueco bajo el nivel del suelo para abrir un espacio donde giraría la manivela, no colocar el sistema biela manivela bajo dicha bandeja, no colocar una manivela de esas dimensiones o abandonar la opción biela manivela.

La primera opción, se tiene en cuenta únicamente como enumeración de posibilidades. Se plantea desde el principio que el contenedor sea un elemento rígido y portable, sin que necesite de obra pública para su instalación. Realizar un hueco en la vía no se considera dentro de las especificaciones de diseño para este trabajo.

La segunda posibilidad, pasa por colocar el sistema biela manivela fuera de la proyección vertical de la bandeja de recogida de vidrio. Esta parece buena solución a priori, pero plantea modificaciones que se salen de los márgenes

requeridos de compacidad. Además generaría ampliar el espacio que ocupa el mecanismo en el interior del contenedor. No es una solución que cumpla los requerimientos, aunque se valora como una posibilidad plausible.

Antes de abandonar la opción biela manivela, se opta por modificar las dimensiones de la manivela. Para ello, hace falta añadir elementos que logren aportar el recorrido que se resta al llevar a cabo esta limitación. La solución es añadir una nueva manivela con su respectiva biela incorporada.

Esto resulta en dos manivelas unidas entre sí por una manivela y la bandeja unida a una de las dos bielas. Para que esto sea factible, se propone que la segunda manivela sea móvil verticalmente, de forma que acompañe a la bandeja en su ascenso. A la vez, girará y hará ascender a la bandeja. Se adjunta un esquema debajo:

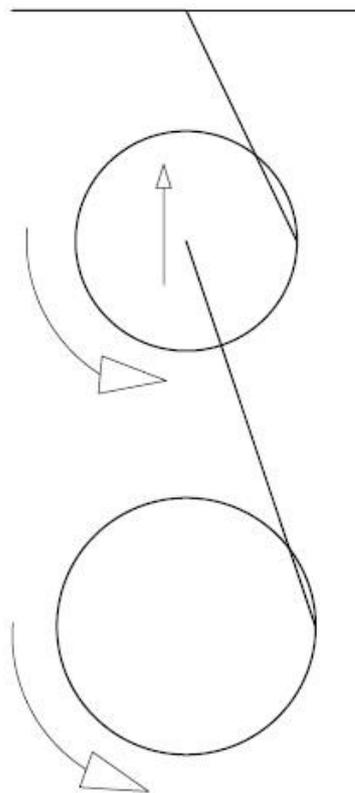


Figura 3.10. Esquema de doble biela manivela. La segunda manivela se desplaza verticalmente.

3.2.4. Posición inicial y retorno.

Hasta ahora se ha tratado únicamente de describir el proceso y la selección de, entre las diversas posibles soluciones que surgen del mismo, la más válida por los criterios impuestos a lo largo del trabajo para el diseño de la adaptación del contenedor.

A continuación se describirán el proceso de selección de la posición inicial y el retorno a la misma una vez realizado el vertido.

Existen dos posibilidades en cuanto a la posición de inicio del mecanismo tal y como se plantea en este trabajo: con la bandeja en el punto más bajo de su recorrido o partiendo de la máxima altura alcanzable. Se muestran en la figura siguiente:

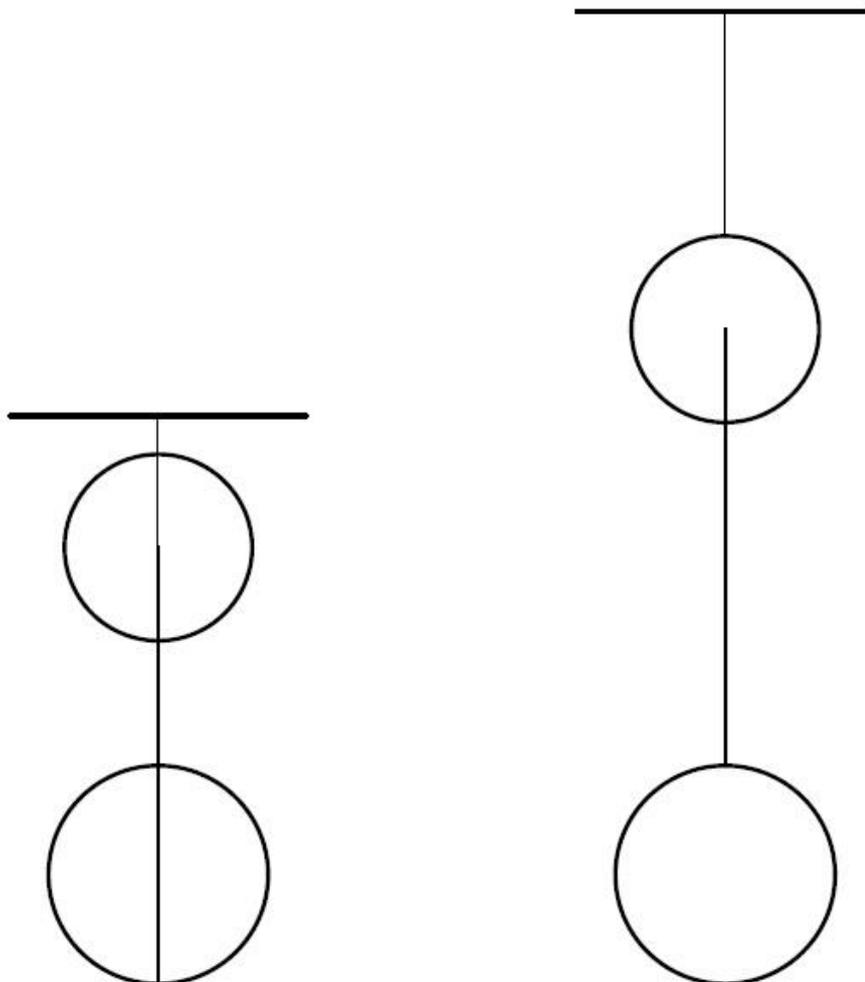


Figura 3.11. Posibles posiciones de origen. Bandeja en punto inferior (izda) y bandeja en punto superior (dcha).

Como primera opción, se maneja partir de la bandeja en el punto inferior del recorrido. Al accionar el mecanismo, la bandeja se elevaría con cierta velocidad y propulsaría el vidrio al interior del contenedor. Para ello se hacía necesario tanto diseñar la forma de accionamiento como controlar las velocidades de desplazamiento al verter el vidrio y al retornar a la posición de origen. Surge, además, la necesidad de controlar el giro de la bandeja y proveer al mecanismo de una forma mediante la cual retorne a la horizontalidad tras el giro, ya que en este punto del proceso de diseño se prevé que sea libre.

El retorno a la posición de origen se produce por gravedad, de forma que, al dejar de actuar sobre el accionamiento, el mecanismo se recoloca autónomamente.

Se trata de dar solución a los problemas mencionados en el párrafo anterior. Para proveer de velocidad a la bandeja, se plantea que el accionamiento sea un gesto rápido, para transmitir esa energía de la forma más directa posible al ascenso de la bandeja. El control sobre la velocidad se llevaría a cabo mediante la fuerza ejercida al accionar el mecanismo. Esto representa una incertidumbre inasumible, ya que fuerzas demasiado grandes podrían dañar el mecanismo.

El retorno a la horizontalidad se propone mediante guías, aunque se hace necesario añadir un sistema que dé a la bandeja ese movimiento de retroceso. Esto es debido a que, el desplazamiento se pretende, en el punto del proceso de diseño en el que se encuentra para entonces, mediante el contacto simple entre un empujador y la bandeja, elementos que no irían físicamente ligados entre sí.

Las inconsistencias existentes en los problemas que quedan sin resolver en esta propuesta hacen replantear el punto de vista. Se pasa entonces a considerar la segunda opción: que la posición de origen sea el punto más elevado del recorrido.

Al empezar a plantear esta solución, se incorporan ya elementos como las guías para la bandeja o la necesidad de ligar el empujador, que posteriormente será la segunda biela, con la bandeja. Se cuenta también, con que el accionamiento debe ser un movimiento circular, para favorecer el giro de la primera manivela y, por tanto, la puesta en marcha de todo el mecanismo.

El retorno a la posición de origen debe ser llevado a cabo por un muelle o sistema auxiliar, ya que debe mantener una posición fija que no es la que adquiriría el sistema al liberarlo de restricciones exteriores. Esto implica cierta

complicación en el mecanismo, aunque se asume al considerar que el diseño se mantiene en los márgenes de simplicidad y compacidad aceptables.

Se valora tomar un muelle como sistema para llevar a cabo el retorno a la posición de origen. Esto aportaría la energía suficiente para lograr el vertido, pero se produce de una forma brusca en el inicio del movimiento, lo que plantea problemas de seguridad. Se toma entonces como solución colocar un peso que tire del mecanismo para generar el movimiento de retorno.

Este peso, en primera instancia irá atado a la bandeja, para ejercer una fuerza siempre vertical e impedir así atoramientos en las guías de forma similar a la que se describió al valorar las poleas como sistema de elevación. Para salvar este problema se fija una polea al eje motor del mecanismo para transmitir así el movimiento que generará el retorno.

El peso de una masa como fuerza que genere el movimiento permite aportar una aceleración constante y generar la velocidad máxima en el punto más alto del recorrido, lo que favorece la condición de lanzar el vidrio que se sigue como consigna de diseño.

3.2.5. Accionamiento.

Sobre las formas de accionamiento para el mecanismo que se está diseñando, únicamente se ha escrito que es conveniente que sea mediante un movimiento circular o de giro sobre un eje.

Sin embargo, existen más restricciones impuestas por los estándares de diseño adaptado que hay que incluir en el diseño. El accionamiento no puede, al igual que el acceso, estar a una distancia vertical de más de 90 cm del suelo. Se colocará también a entre 70 y 90 cm del suelo.

Además, se debe tener en cuenta que puede ser utilizado por cualquier persona, por lo que el diseño debe respetar este hecho. Se descartan, por las condiciones que se contemplan en el capítulo relativo al diseño, tiradores o botones.

Como se ha descrito anteriormente, el retorno al origen se contempla a través de la fuerza ejercida por el peso de una masa fijada al mecanismo. Esto implica que, para realizar el descenso de la bandeja, se debe vencer una fuerza. El valor máximo de esta fuerza debe estar también acotado, ya que si no se fija en el diseño, y la fuerza necesaria para accionar el mecanismo

resulta de un valor elevado, el contenedor quedaría excluido para personas que no sean capaces de realizarla.

Como solución a los problemas que se acaban de plantear, se propone como accionamiento una palanca que gire sobre un eje que permita la transmisión de movimiento al mecanismo. El punto superior de la misma, en posición normal no superará los 90 cm sobre el suelo. Además, debe llevar incorporado un diseño que permita su uso por cualquier persona.

Esta solución, permite también actuar sobre el valor de la fuerza, ya que, para generar el mismo momento (momento es fuerza por distancia), al aumentar la longitud de la palanca se requiere menos fuerza.

Para actuar sobre la fuerza de accionamiento, se puede modificar también el radio de la polea a la que irá atada el peso que genera el movimiento de retorno a la posición de origen. En la siguiente figura se muestra un esquema que ilustra cómo:

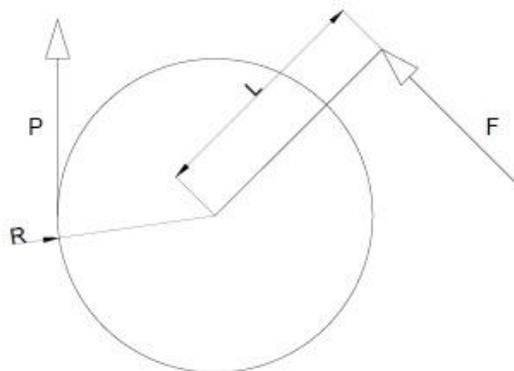


Figura 3.12. Equilibrio de momentos aplicados sobre el mecanismo.

$$F \cdot L = P \cdot R \quad (E.3.1)$$

En la ecuación 3.1 se plantea el equilibrio de momentos respecto el centro de una rueda que representa la influencia de la fuerza de accionamiento F y del peso P que genera el retorno. Modificando el radio de la rueda donde se enganche el cable que sujete el peso, o la longitud de la palanca de accionamiento se cambia también el peso que se puede colocar, o lo que interesa más en este caso, la fuerza que se pueda ejercer. Para levantar un

peso similar, al reducir el radio se reduce la fuerza que debemos hacer, si mantenemos la longitud de la palanca constante.

Se tiene que la palanca es la forma de accionamiento elegida para el mecanismo, ya que da solución a los problemas que surgen durante el proceso de diseño.

3.2.6. Consideraciones de seguridad.

En este apartado se recogerán algunas consideraciones tenidas para la seguridad de los usuarios en el uso cotidiano del contenedor. Se incluyen en este apartado debido a que suscitaron múltiples posibilidades de diseño. Estas posibilidades se tratarán también a continuación.

La primera observación en cuanto a la seguridad, es que el mecanismo tiene, evidentemente, elementos móviles. Éstos elementos, debido a las velocidades que alcanzan durante su funcionamiento, y a pesar de que no son muy altas, pueden provocar golpes o lesiones a los usuarios. Es por este motivo que se contempla ubicar el mecanismo en el interior del contenedor, y por motivos antes descritos en un compartimento aislado aún en el interior.

No obstante, el mecanismo tiene una palanca de accionamiento, que estará en el exterior, y que será, como el resto, móvil. Para evitar golpes a los usuarios, se debe plantear una solución. Se proponen varias posibilidades: poner una protección exterior que deba ser desplegada antes del retorno, limitar la velocidad de retorno de la palanca o anular ésta separando su movimiento de retorno del correspondiente del mecanismo.

La posibilidad de poner una protección exterior se desecha en tanto que entorpece el uso cotidiano y, si no es obligada por el propio funcionamiento del mecanismo, es probable que no se coloque por los usuarios, eliminando así su funcionalidad.

Para limitar la velocidad de retorno de la palanca, habría que limitar la de accionamiento simultáneamente, o buscar soluciones que no dieran en esta contradicción, por tanto no se tiene en cuenta para profundizar en ella.

Se opta por tanto, por desarrollar una solución que implique separar el movimiento de retorno del mecanismo del de la palanca. Para ello, se debe incorporar un sistema que desligue los giros relativos del eje de la palanca con el mecanismo. El sistema es, en definitiva, un embrague.

Se valora la posibilidad de, transmitiendo el movimiento entre la palanca y el mecanismo por correas, generar un deslizamiento voluntario en la polea de la palanca a fin de que ésta no retorne. Esto genera varios inconvenientes de diseño, entre otros la necesidad de retornar la palanca a su punto de origen separadamente del mecanismo sin interferir en el movimiento de aquel, por lo que se desechar también.

Se propone entonces un embrague que presione con un muelle sobre una ranura en la que encaje una guía. Al tirar de la guía, se comprime el muelle y se separa de la ranura, permitiendo en giro relativo entre las partes. Al liberar el muelle, la ranura y la guía no encajan, por lo que, si no se actúa sobre el eje de la palanca no se permite reactivar el mecanismo. Así, se asegura desde el diseño que el usuario no se verá golpeado por el retorno de la palanca bajo ninguna posibilidad de funcionamiento normal del mecanismo.

Las consideraciones de seguridad no terminan en el retorno de la palanca. Al tener un espacio que, en posición de reposo no está ocupado, como es el orificio de acceso a la bandeja, está abierto y comunica directamente con el interior del contenedor, implica la posibilidad de cortes, atrapamientos, arañazos, etc.

Además, una vez recogidos los vidrios, al lanzar el movimiento de retorno del mecanismo, se da una situación de peligro potencial de atrapamiento o cortes entre la mano de los usuarios y la bandeja ascendente. Además, los bordes del orificio pueden, a su vez, causar cortes.

Para eliminar en la medida de lo posible estos riesgos, se proponen dos medidas: una puerta interior al acceso que controle el accionamiento del retorno del mecanismo y una exterior que controle el retorno de la palanca.

Así, se tiene que si no se baja la puerta interior, no se activa el mecanismo, eliminando así el riesgo de atrapamiento. Esta puerta se desplaza verticalmente, liberando el tope que frena la bandeja en la posición inferior que permite la deposición de los vidrios. Simultáneamente, actúa sobre el embrague, separando las piezas y permitiendo el retorno seguro del mecanismo.

La puerta exterior, se desplaza verticalmente también. Ésta será accionada a la vez que la palanca de accionamiento. Al actuar sobre la misma para descender la bandeja, la puerta exterior se abre, permitiendo el acceso. Queda abajo hasta que se requiera el uso del mecanismo otra vez, cuando habrá que recolocar manualmente la palanca. Al llevar a cabo este gesto, la puerta exterior sube, impidiendo el atrapamiento con la bandeja mientras ésta desciende.

3.3. MECANISMO PROPUESTO.

Se va a describir el mecanismo que completa, junto a lo expuesto en el apartado 3.1 del presente capítulo completa la propuesta de adaptación de un contenedor para el uso del mismo por personas con diversidad funcional.

En este apartado, se describirá el mecanismo propiamente dicho, y se justificará y describirán los sistemas auxiliares anexos al mismo que completan la adaptación y de los que requiere el mecanismo para su funcionamiento. Estos sistemas auxiliares se han descrito con anterioridad, o al menos se ha esbozado sus funciones.

3.3.1. Sistemas auxiliares.

3.3.1.1. Sistema de retorno.

El sistema de retorno consiste en un peso de 7 kg ligado al mecanismo a través de tres poleas: dos que conducen el hilo por el que se ata el peso y una tercera conectada con la rueda fija del mecanismo al que transmite el movimiento de retorno.

El hilo va enrollado en esta tercera polea y atado al contorno de la misma, de forma que la tensión de la cuerda sea, al equilibrar las fuerzas y momentos sobre el mecanismo, siempre vertical y genere un momento constante como se indica en la figura 3.13.

En la figura se muestra la tensión T que ejercerá el hilo o cable que ate al peso así como el giro que genera en la polea y en la rueda fija del mecanismo. De esta forma, y según la ecuación 3.1 situada en el apartado 3.2.5 del presente capítulo, se logra un momento de retorno constante. Así, la aceleración de retorno es también constante y la máxima velocidad de ascenso se logra en el punto superior, como se ha explicado anteriormente.

En la figura se muestra que la tensión es vertical ascendente y por un lado específico, ya que se pretende un giro intencionado para que las bielas pasen siempre por el mismo lado de la vertical que une los centros de giro de las manivelas.

Capítulo III: Propuesta de diseño

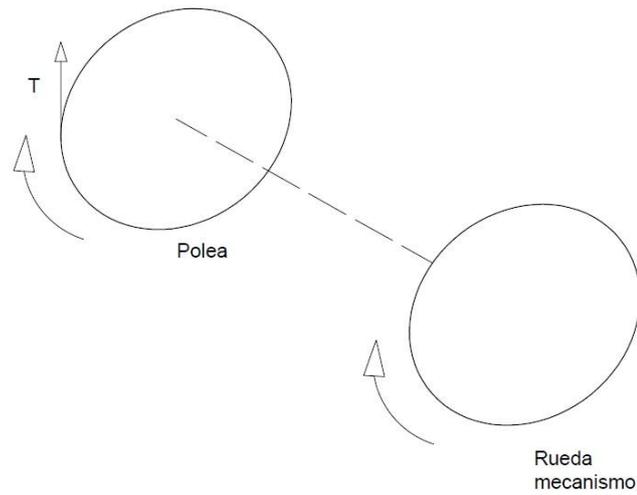


Figura 3.13. Esquema de transmisión del movimiento de retorno.

A continuación se muestra un esquema para ilustrar la posición del sistema respecto al mecanismo.

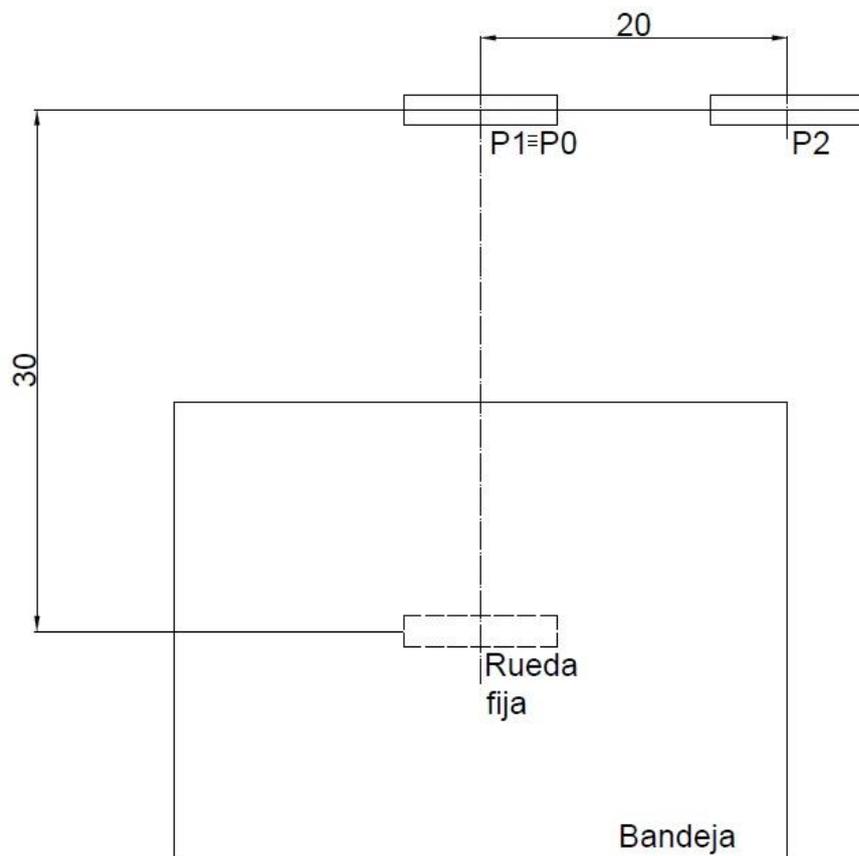


Figura 3.14. Posición del sistema de retorno respecto al mecanismo en planta.

En la figura P0, P1 y P2 son las 3 poleas de diámetro 10 cm que conducen el hilo o cable del peso, que colgará verticalmente del extremo de la polea 2. La polea 0 se sitúa a la misma altura que la rueda fija del mecanismo, mientras que las 1 y la 2 se sitúan a la misma altura y al menos a 90 cm de la 0. Así, se asegura que el peso recorre al menos la misma distancia descendente que la bandeja ascendente.

3.3.1.2. Inicio del retorno y desligado de la palanca.

Este sistema es el encargado de permitir el retorno del mecanismo a su posición inicial y, por tanto, la elevación de la bandeja y el vertido del vidrio. Consta de una puerta interior como se ha descrito previamente, un cierre que fijará la bandeja en la posición adecuada para poder depositar los vidrios y un sistema de varillas para separar el eje de giro de la palanca de la rueda a la que transmite el movimiento, de forma que no comparta el movimiento de retorno y evitar golpes.

Este sistema entra en funcionamiento cuando la bandeja está fija en la parte inferior de su recorrido, es decir, en la posición de recepción de vidrio. Esto supone que hay un tope que la mantiene segura e inmóvil, cierre que se incluye como parte de este sistema. Desde esta posición, se hace descender verticalmente una puerta interior a la pared del contenedor, de forma que se cierra el acceso a la bandeja y a la vez se presiona sobre el cierre que mantiene fija la bandeja para liberarlo y permitir que actúe libremente el sistema de retorno. A su vez, el movimiento descendente acciona el movimiento de distintas piezas que tiran de un pasador en el eje de la palanca de accionamiento, provocando que se separe de la rueda que conecta con el mecanismo.

La figura siguiente muestra un detalle del sistema de cierre y cómo se libera la bandeja:

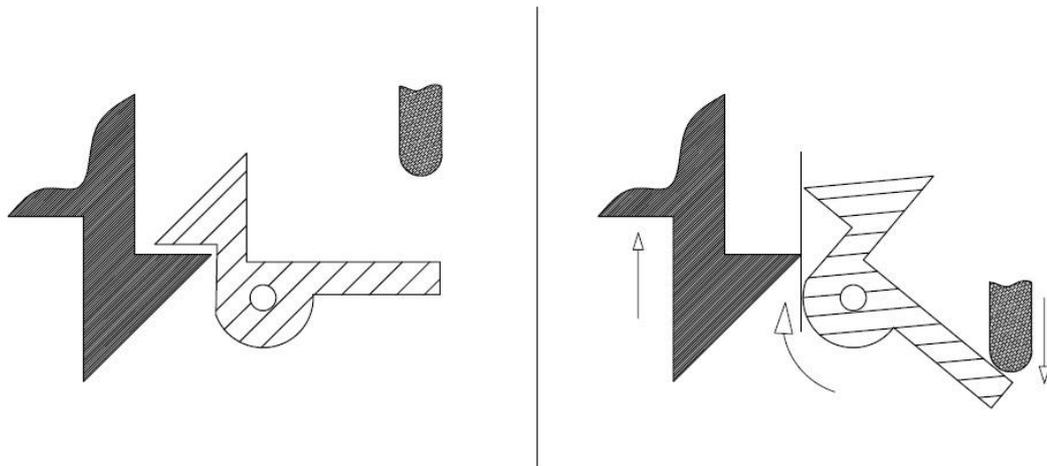


Figura 3.15. Cierre y liberación de la bandeja para el retorno.

Sólo se han representado los detalles más representativos de cada pieza y el cierre. Como se aprecia, al descender el saliente de la bandeja (a la derecha de cada imagen) se presiona sobre el cierre. Éste pivota sobre un eje permitiendo el desplazamiento vertical de la bandeja (a la izquierda de cada imagen) que inicia el retorno a la posición de origen.

En cuanto a la forma de desligar el retorno del mecanismo del eje de la palanca, el descenso de la puerta interior actúa sobre una pieza cuyo giro tira de un cable que mueve la pieza que conecta el eje de la palanca con su rueda.

3.3.1.3. Protección exterior.

El sistema de protección exterior consta de una puerta exterior que se desplaza verticalmente ligada al giro de la palanca de accionamiento. Al accionar la palanca para desplazar hacia abajo la bandeja, se desplaza también hacia abajo la puerta exterior, dando acceso a la bandeja.

Una vez en la posición de recogida de vidrio, y tras haberlo depositado, se cerrará la puerta interior, accionándose así el movimiento de retorno. Tras esto, el eje de la palanca y su rueda quedan desconectados y, por tanto, no se transmite el giro de uno a otro. Se tiene por tanto, que el contenedor se encuentra con la puerta interior abierta y la palanca en su posición más baja, en horizontal.

Para volver a accionar el mecanismo, debe recuperarse la transmisión entre el eje de la palanca y la rueda. Para ello, basta con recolocar la palanca en posición vertical. Dado que la puerta exterior y la palanca están ligadas, al recolocar la segunda se eleva la primera. Así, se tiene que el acceso al contenedor queda cerrado antes de su uso.

3.3.1.4. Sistemas de anclaje y sujeción del mecanismo.

Estos sistemas comprenden tanto los anclajes como las guías que conducirán y acotarán el movimiento rectilíneo del mecanismo. Los anclajes se realizarán al techo, a la pared exterior del contenedor o a las chapas que separarán el espacio para el vidrio del reservado al mecanismo, dejando el suelo libre para las compuertas que vaciarán el mismo. Incluirán mordazas para fijar la posición permitiendo el giro de la rueda fija del mecanismo así como de un apoyo para el eje de la palanca.

Incluirán además fijaciones para las poleas del sistema de retorno así como para los elementos del sistema de retorno y desligado de la palanca.

Se contemplan como estos sistemas las guías que limitarán el movimiento rectilíneo del mecanismo. Estas guías serán sistemas piñón cremallera. Se propone esta solución dado que se pretende controlar que no se produzcan deslizamientos relativos entre las distintas piezas del mecanismo, ya que si se produjeran podría no llegar a verter el vidrio al interior del contenedor.

Las guías de la bandeja seguirán el contorno marcado por el desplazamiento y giro de la misma, teniendo topes al final para impedir que la bandeja gire un ángulo mayor que el de diseño.

Los elementos susceptibles de chocar entre sí, como el enganche y la barra tope de la bandeja deben ir protegidos con elementos elásticos, como gomas para evitar colisiones bruscas.

Por último, se debe añadir una barra de 1 cm de diámetro para servir de tope a 150 cm del suelo, altura a la que se produce el vuelco de la bandeja.

3.3.2. Descripción del mecanismo.

En el presente apartado, se va a describir el mecanismo propiamente dicho, composición, funcionamiento, etc. Ya se han descrito parcialmente algunos aspectos del mecanismo, tales como su funcionalidad o algunos de los detalles del diseño de algunas piezas. No obstante, se considera adecuado aunar y ampliar dichos detalles en un solo apartado para facilitar la comprensión de la propuesta de adaptación que ocupa el presente trabajo.

Para empezar, se presenta el mecanismo completo en su posición de recogida de residuos en la figura 3.15. En ella se presenta una visión global de los elementos que componen el mecanismo, dejando fuera las guías de la bandeja, los sistemas auxiliares y las correas que conectan la rueda de la palanca con la rueda fija.

Se aprecian en dicha figura dos sistemas separados, al no existir las correas de transmisión. El primero se puede considerar como la palanca, el eje que mueve, el casquillo de engrane y la rueda con la que engrana.

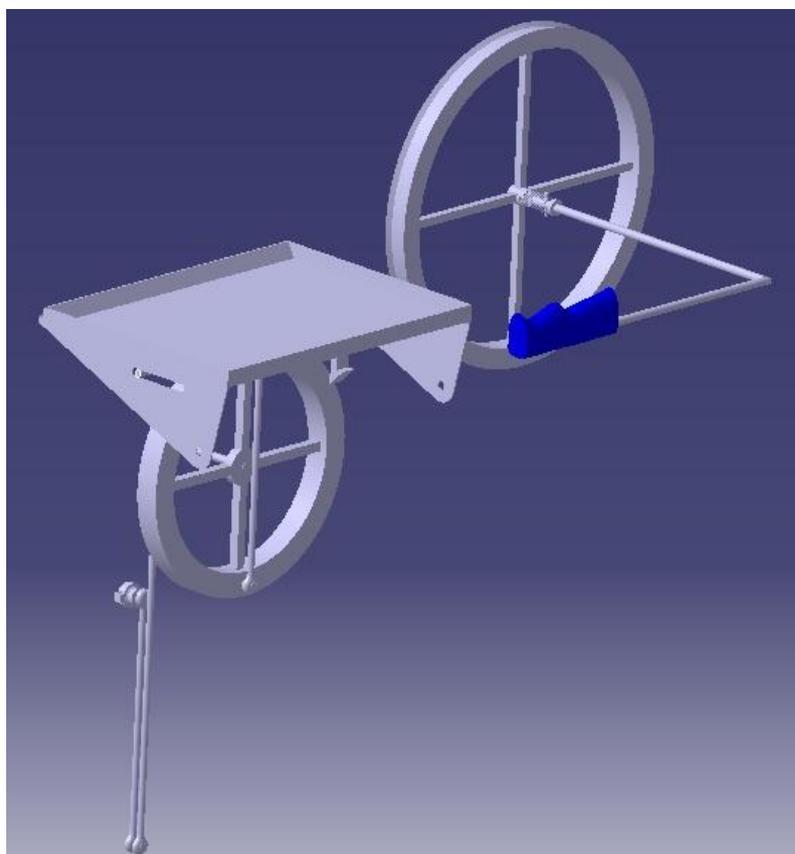


Figura 3.16. Vista global del mecanismo.

Capítulo III: Propuesta de diseño

Por otra parte, se aprecia un sistema más grande formado por las dos bielas manivelas y la bandeja.

En las figuras 3.16 y 3.17 se presentan distintas posiciones del movimiento previsto para su uso cotidiano, y en la 3.18 se presenta en su posición de origen.

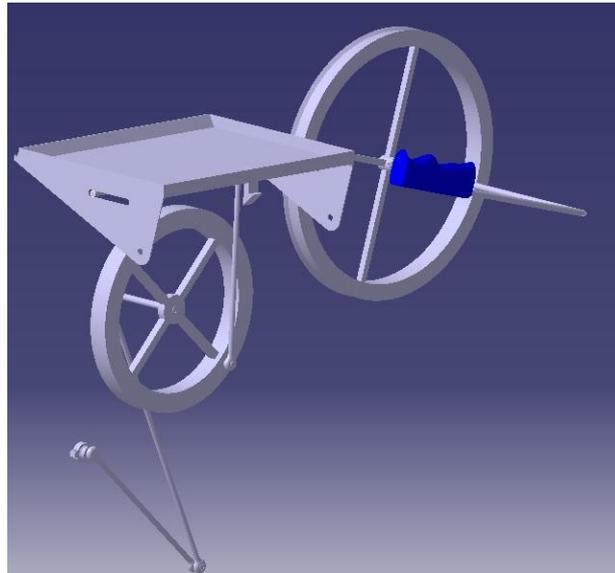


Figura 3.17. Instante del movimiento de descenso de la bandeja.

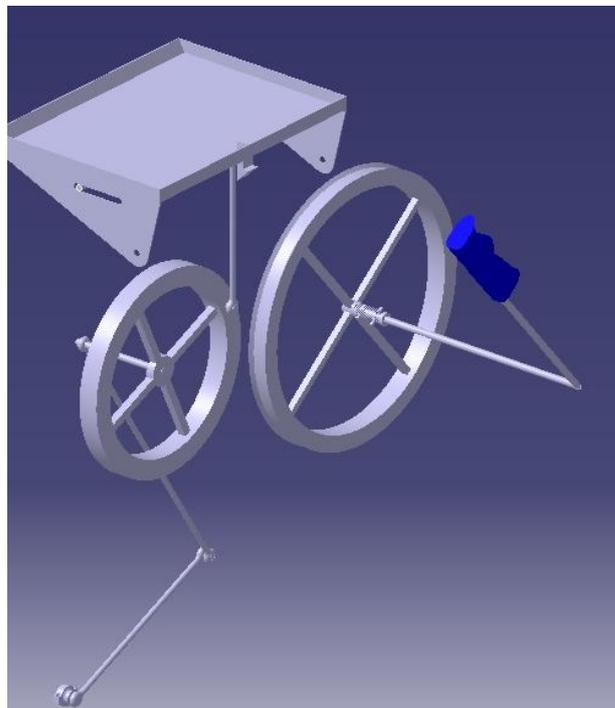


Figura 3.18. Instante del movimiento de descenso de la bandeja previo a figura 3.16.

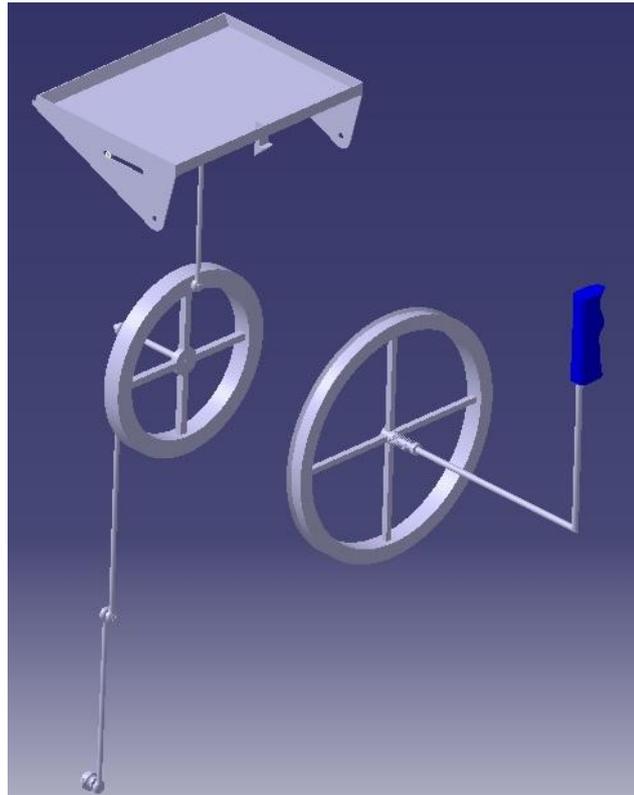


Figura 3.19. Posición de origen del mecanismo.

El mecanismo lleva varios pasadores y elementos que actúan como tal que no se han incluido en ningún sistema auxiliar. Estos elementos se describirán por separado en el siguiente apartado, donde se abordará cada pieza por separado comentando los detalles de su diseño.

3.3.2.1. Elementos constitutivos.

En este apartado se va a describir cada elemento y sus peculiaridades de diseño, dejando al margen las dimensiones y los aspectos técnicos que quedarán reflejados en los planos. Tampoco se tomarán elementos normalizados, como pasadores o correas, así como tampoco se presentan los sistemas piñón cremallera.

Rueda fija.

Es la situada como base de la primera manivela. Se la denomina fija ya que, aunque gira sobre su eje de revolución, no se desplaza. Como se aprecia en la figura 3.19, tiene una forma exterior que da espacio tanto a la correa de transmisión que la conectará con la rueda de la palanca como a las mordazas que la fijarán y sujetarán en el espacio.

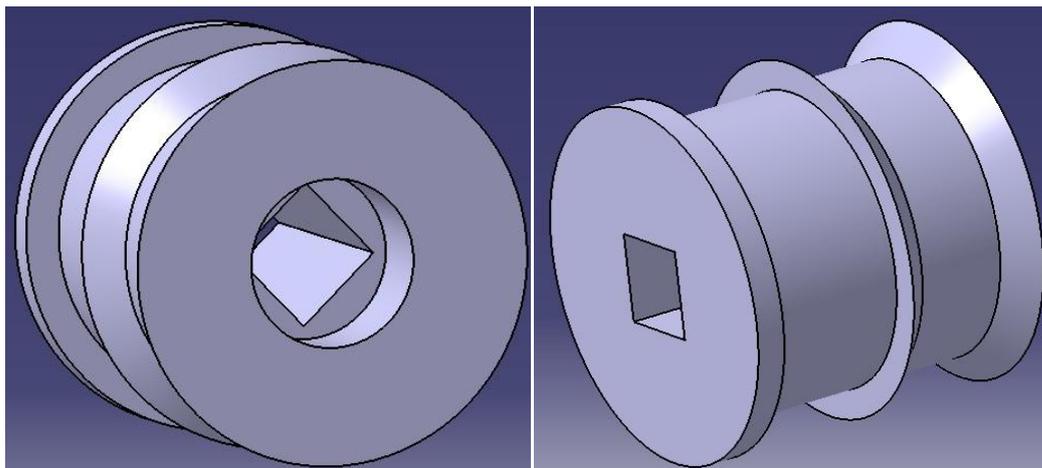


Figura 3.20. Imágenes de la rueda fija.

Además, lleva un alojamiento interior en el que se ubicará una forma complementaria presente tanto en la barra con la que se articula para formar la primera manivela del mecanismo, como el eje que conecta con el sistema de retorno.

Barra complementaria de la primera manivela.

Esta barra complementa la función de primera manivela. A pesar de tener una forma similar a las dos bielas restantes, tiene la peculiaridad de girar solidaria a la rueda fija. Como se muestra en la figura 3.20, tiene la forma complementaria antes mencionada en la cabeza y un alojamiento en el pie. En él se colocará un pasador de 1 cm de diámetro que la conectará con la primera biela. A través del pasador se permite el giro relativo entre ellas.

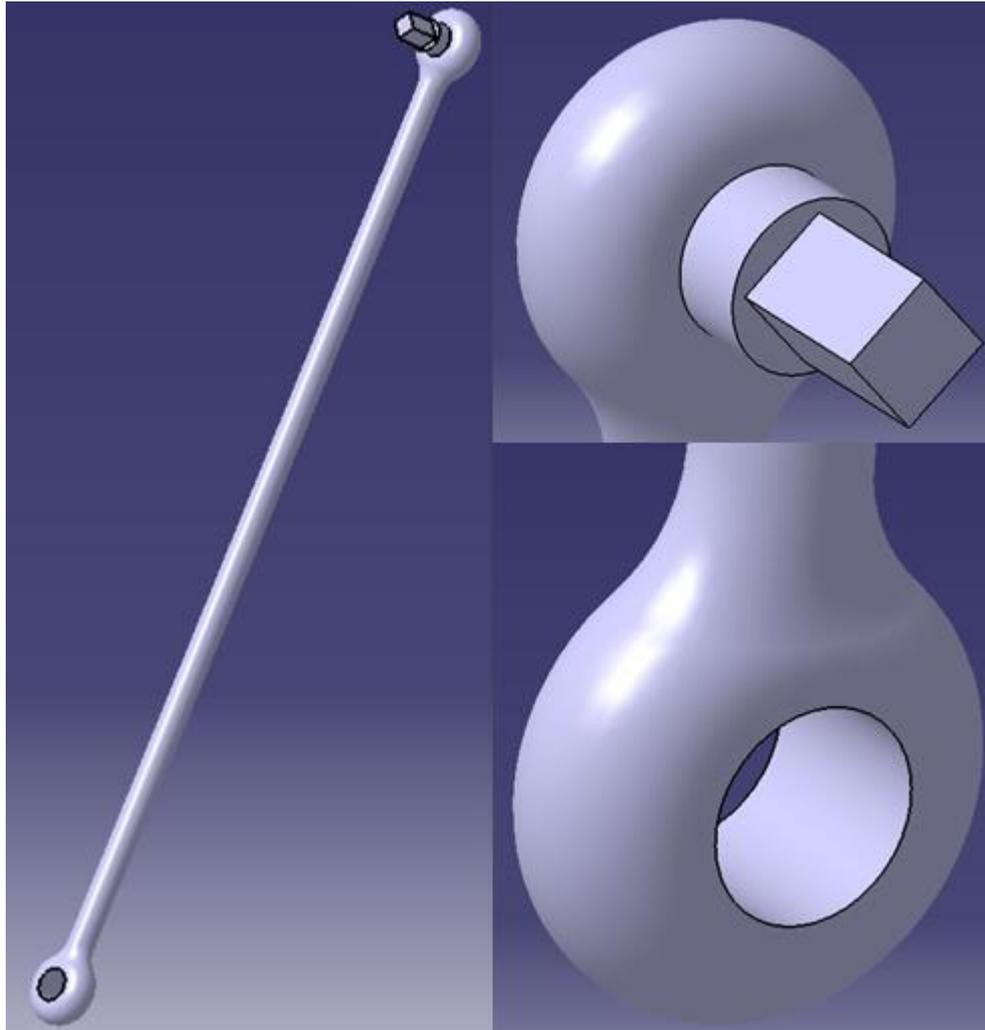


Figura 3.21. Detalles de la barra complementaria de la primera manivela.

Primera biela.

Esta barra conecta la primera manivela con la rueda que actúa como la segunda. Se une en un extremo a la barra complementaria de la primera manivela y en el otro a la rueda móvil. En los extremos lleva alojamientos para los pasadores donde se unirá con dichas piezas. Se adjunta a continuación una imagen con diferentes detalles del diseño propuesto para dicha barra.

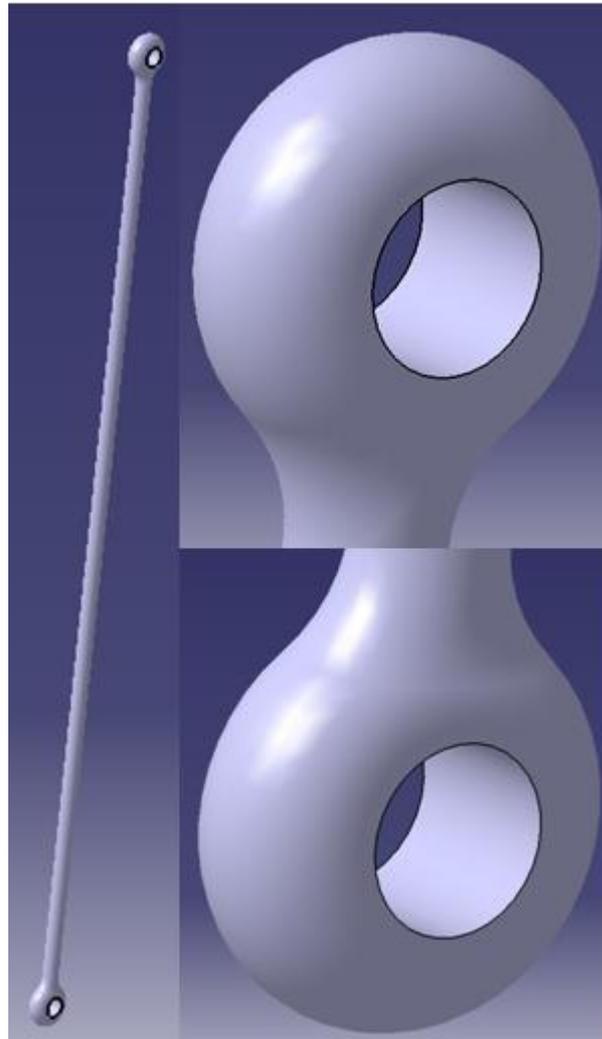


Figura 3.22. Vista total y detalles de cabeza y pie de la primera biela.

Esta barra, por sus dimensiones y geometría, además de ser la más larga del mecanismo, es susceptible de sufrir pandeo. Se adjunta un cálculo para comprobar que esto no pasa en el capítulo IV, donde se da cuenta de los distintos procesos y cálculos tomados en cuenta para dimensionar las piezas aquí expuestas.

Rueda móvil.

Esta pieza realiza la función de segunda manivela. Consta de un aro exterior y dos diámetros de sección cuadrada para darle rigidez y soportar los esfuerzos. No se plantea un diseño en forma de disco completo para ahorrar material, ya que dados los esfuerzos que soportará el mecanismo esta propuesta resulta suficiente.

Se conecta a las dos bielas del mecanismo, a la primera en su centro y a la segunda en el alojamiento situado en el aro exterior. Esta última unión se lleva a cabo como la especificada entre la barra complementaria y la rueda fija, con un pasador cilíndrico que articula la rotación relativa entre ellas. Entre la rueda móvil y la primera biela, se conectará un eje que se articula con el piñón de la cremallera que guía a esta rueda en su desplazamiento vertical.

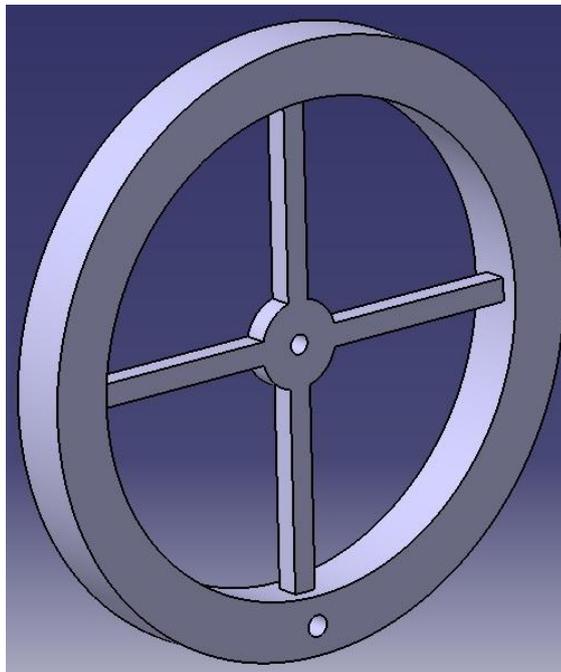


Figura 3.23. Rueda móvil.

Segunda biela.

La segunda biela es una barra de diseño similar a las anteriores salvo por la orientación del alojamiento de la cabeza. Se proyecta en dirección perpendicular tanto a la dominante en la longitud de la barra como a la del eje del pie de la biela. Así se puede articular con el eje que permitirá que se conecte con la bandeja. Lleva además en la cabeza un redondeo adicional, ya que se prevé un desplazamiento a lo largo de la longitud de dicho eje y con eso se pretende evitar el atoramiento al verse desplazado según esta previsión.

Se ilustra en la siguiente imagen la visión global y los detalles antes mencionados.

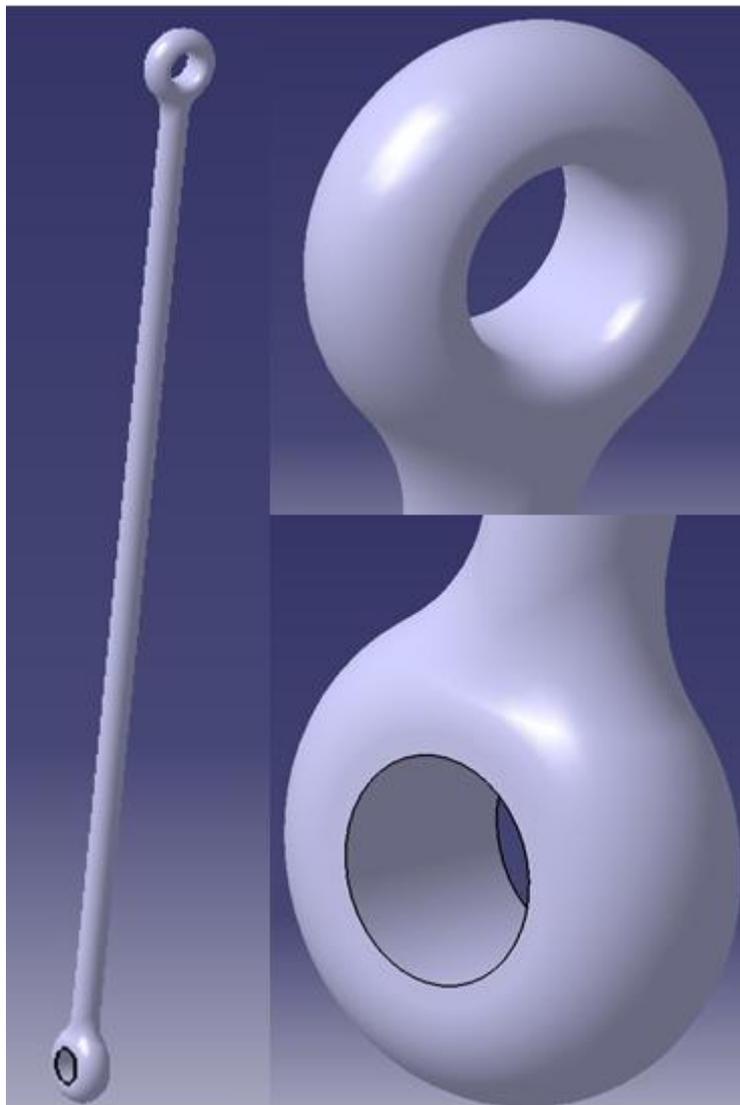


Figura 3.24. Vista total y detalles de la segunda biela.

Bandeja.

El diseño de la bandeja merece algunos comentarios y observaciones. En principio, se plantea que sea, como el resto del mecanismo, lo más simple posible.

Se parte de un plano, al que se le añaden bordes para limitar el movimiento de los cascos en su interior. El borde del lado sobre el que girará la bandeja lleva cierta inclinación para favorecer el vaciado. Se adjunta un detalle del borde inclinado en la siguiente figura:

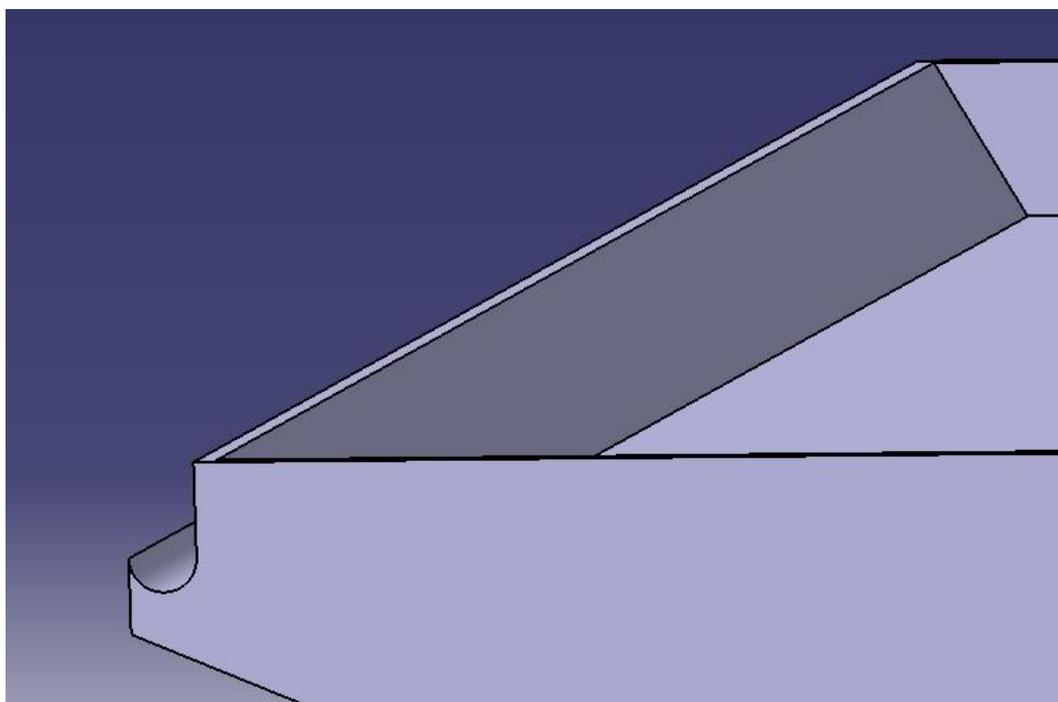


Figura 3.25. Detalle de la inclinación del borde de la bandeja.

A medida que se avanzaba en el diseño global del mecanismo, el de la bandeja se hacía más complejo. Es necesario que la bandeja sea guiada en su desplazamiento vertical. Se plantea en principio colocando salientes cilíndricos a los lados para que encajen entre sendas guías que irán acotando su recorrido desde el inicio. Como se ha constatado previamente, esta solución puede llevar a atoramientos, por lo que no se adopta.

No obstante, la necesidad de limitar las opciones de desplazamiento de la bandeja en su movimiento ha de ser satisfecha. Se plantea entonces añadir dos sistemas piñón cremallera que la acompañen, impidiendo adicionalmente que se produzca movimiento relativo entre la bandeja otros elementos del

mecanismo. Se colocarán, por tanto, dos orificios para alojar los pasadores que unan la bandeja y los sistemas piñón cremallera. La figura 3.25 muestra la localización de estos alojamientos.

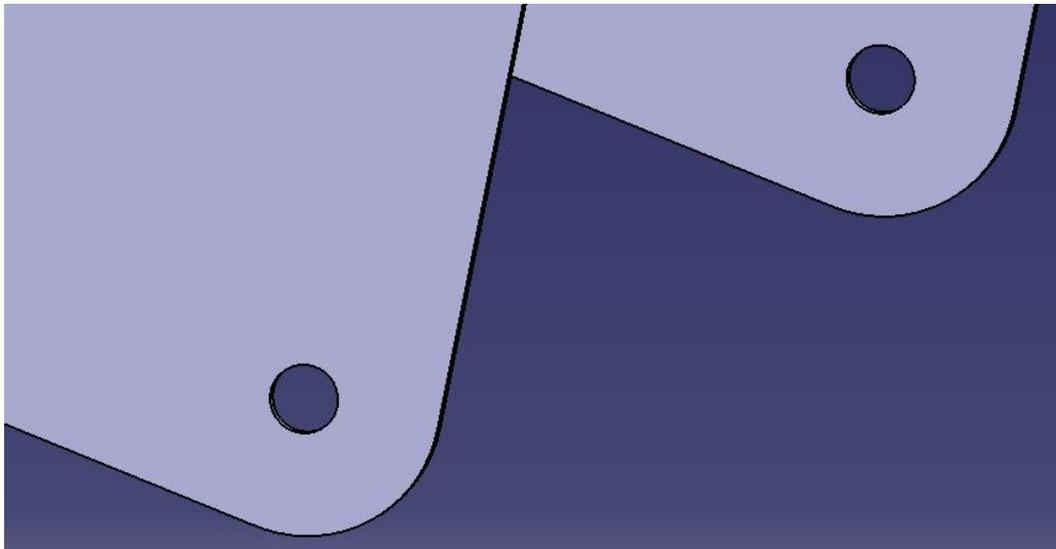


Figura 3.26. Detalle de los alojamientos para los pasadores del piñón que guiará la bandeja.

Se observa en esta imagen que están colocados sobre dos chapas situadas en los laterales de la bandeja. Además, no están a nivel de la superficie de deposición de la misma. Este diseño surge de la variación en el planteamiento de la forma de vertido considerada.

Ya se describió que en principio se tomaba en cuenta lanzar los vidrios mediante la comunicación de energía cinética durante el ascenso de la bandeja. De este planteamiento surgen inconvenientes tales como un posible exceso de velocidad en el punto superior durante el ascenso, golpes o formas de devolver la bandeja a su posición original.

Por todos ellos, y manteniendo la idea de conseguir cierta velocidad en el giro, se complementa con la adición de un ángulo de giro adicional para el vertido. Como se muestra en la figura 3.26, el ángulo de giro propuesto para las guías es de 50° . Este valor puede no ser suficiente, por lo que se pretende un diseño para la bandeja capaz de aportar inclinación adicional en el momento del vertido.

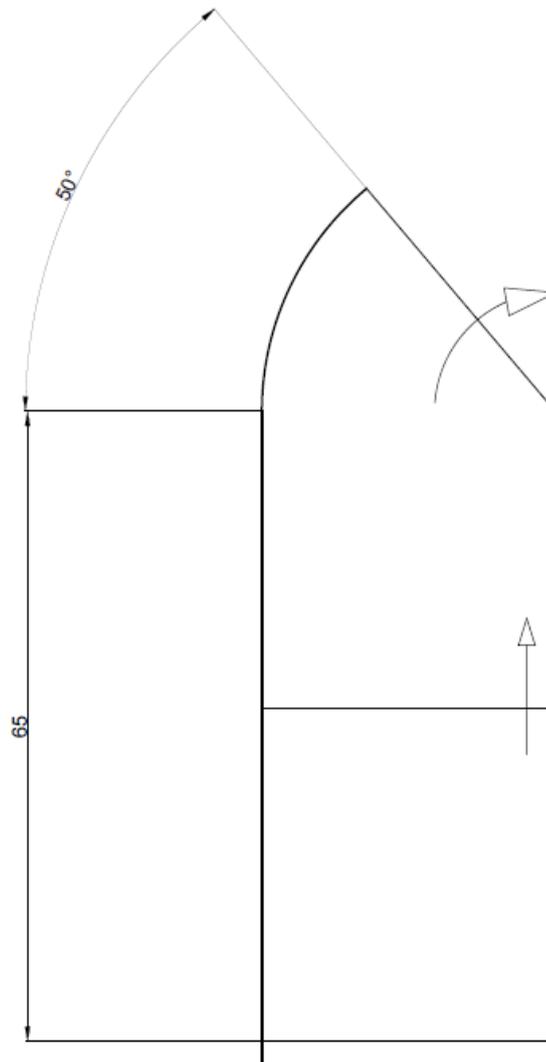


Figura 3.27. Esquema de dimensiones de las guías laterales.

Este diseño se concreta en la localización de los alojamientos mostrados en la figura 3.25, situados a 20° por debajo de la horizontal, por lo que la superficie de deposición girará este ángulo a mayores cuando el sistema piñón cremallera llegue al final. Así, se logra un ángulo total de 70° , que junto a la velocidad al final del recorrido, se considera suficiente para asegurar que no quedarán residuos una vez se complete el movimiento de retorno del mecanismo.

Se añade al diseño de la bandeja también un espacio, que aparece en la figura 3.24 a la izquierda de la imagen, y del que se muestra una ampliación en la imagen siguiente. Se trata del hueco sobre el que encajará el tope que provocará el giro de la bandeja para lograr su vaciado.

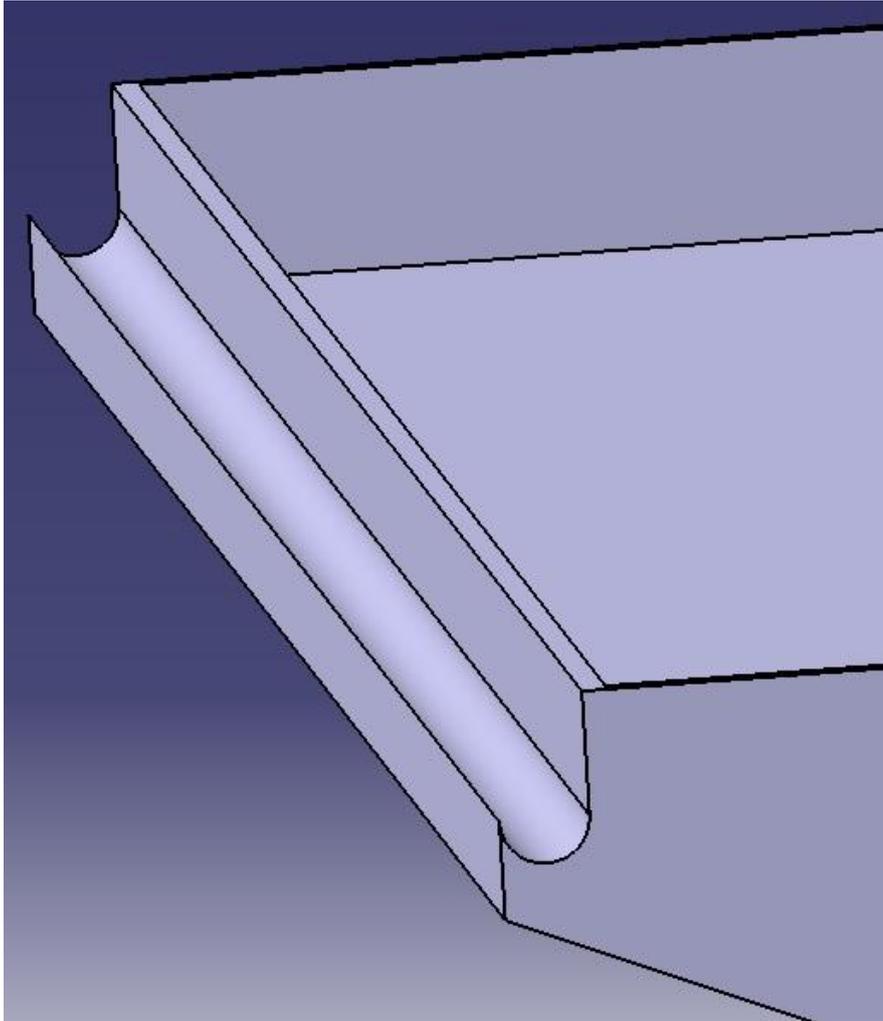


Figura 3.28. Detalle del hueco para el tope sobre el que girará la bandeja.

Dado el planteamiento de giro de la bandeja y el desplazamiento vertical de la misma, se plantea que el pasador que la conecta con la biela sigue asimismo un desplazamiento vertical. Es decir, no gira con la bandeja. Se ha de habilitar, por consiguiente espacio para que se puedan dar todos los desplazamientos previstos. La siguiente imagen muestra una ranura con una anchura igual al diámetro previsto para el pasador y anchura tal que permita ascender dicho pasador la distancia suficiente para que la bandeja gire los 50° previstos.

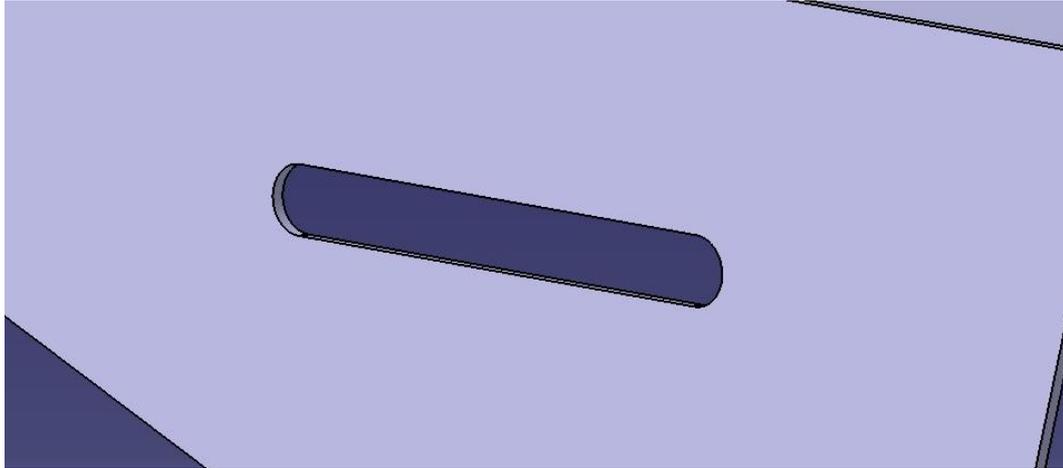


Figura 3.29. Detalle de la ranura para el pasador.

Aunque en la figura 3.28 se muestra únicamente un lado, la bandeja es simétrica, por lo que el otro lado posee una ranura similar.

El último detalle a comentar sobre el diseño de la bandeja se encuentra en su parte frontal. Se trata de un cierre y se añade como consecuencia de la necesidad de un tope que la fije en la posición de recogida y la permita retornar de forma sencilla. Ya se ha esbozado la forma del mismo en el esquema mostrado en la figura 3.14.

Consta de un plano inclinado sobre el que deslizará la otra parte del cierre y otro plano horizontal que servirá de tope con el correspondiente de la otra parte. Esta parte del cierre, a diferencia de la que forma parte del contenedor, no puede moverse salvo con la bandeja en su ascenso. La parte del contenedor, como ya se explicó, tiene un giro relativo, de forma que los planos horizontales dejan de ser paralelos y dejan de interponerse en la dirección del otro. Se muestra ampliado en la imagen siguiente:

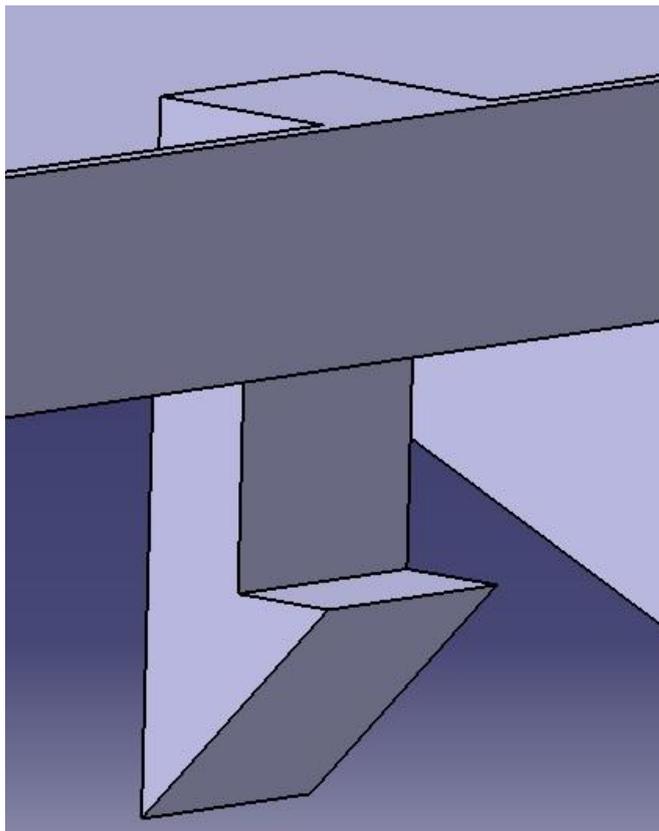


Figura 3.30. Detalle del cierre en la bandeja.

Por último, se adjunta una imagen, la figura 3.30, que muestra una vista global de la bandeja. Se muestra como una única pieza, aunque las chapas laterales pueden ser soldadas con posterioridad para simplificar aún más la fabricación de esta pieza, así como el alojamiento del eje de giro.

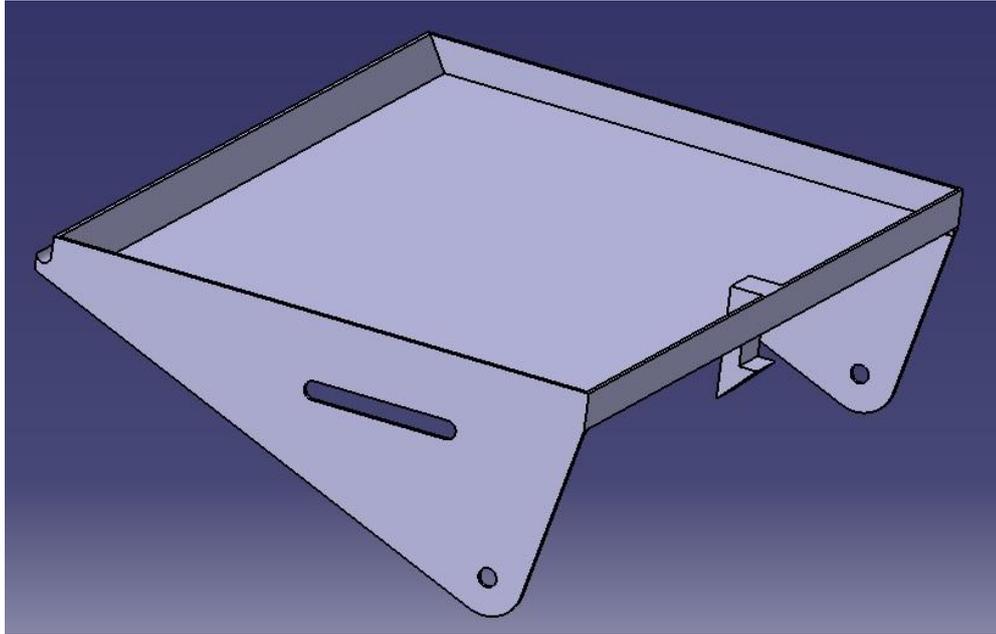


Figura 3.31. Vista global de la bandeja.

Rueda de la palanca.

Esta pieza recibe el movimiento de giro generado por la palanca de accionamiento y lo transmite a través de una correa a la rueda fija del mecanismo. Su diseño es similar a la rueda móvil que conforma la segunda manivela, salvo por dos cambios. Uno es la garganta para alojar la correa y el otro se halla en el diseño de su centro.

Por un lado, lleva un orificio que alojará el eje que la sostiene en el espacio. Del otro, lleva una ranura recta con la que encajará la forma complementaria situada en la pieza que sirve como conector de esta rueda y el eje de la palanca.

Se diseña sólo con una ranura que cruza el saliente diametralmente a fin de permitir una única posición en la que engrane con el conector. De esta manera se condiciona el uso de mecanismo al uso dentro de las consideraciones de seguridad tomadas en el punto 3.2.6. Se muestra una vista de esta pieza y detalles de su centro en la figura 3.31 situada a continuación:

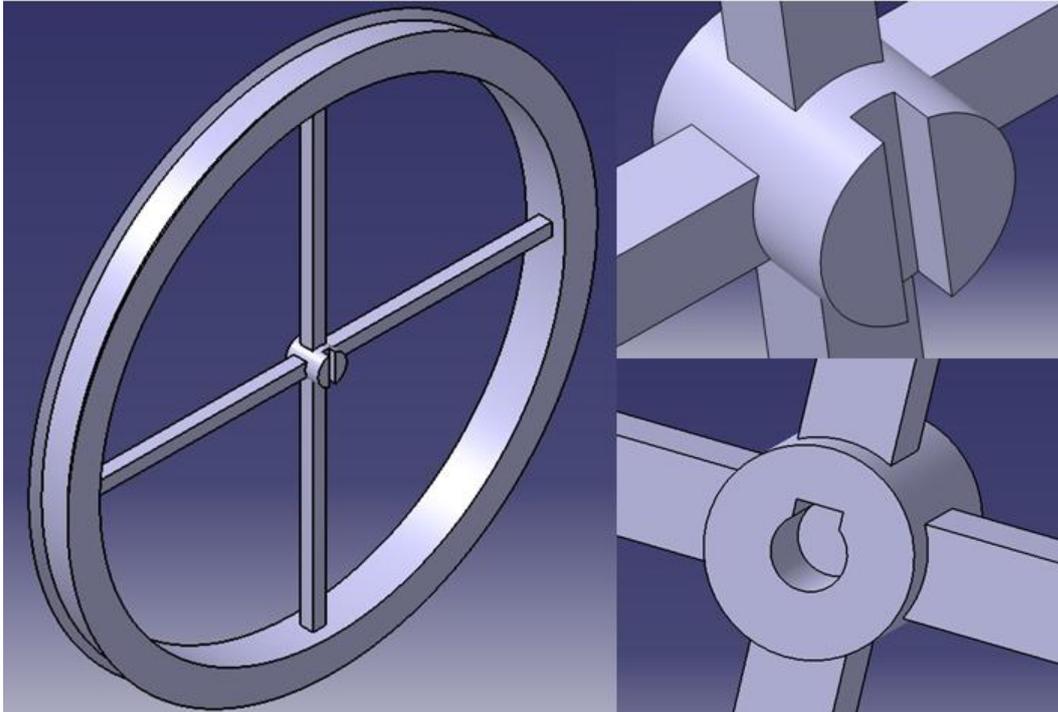


Figura 3.32. Vista global y detalles de la rueda de la palanca.

Conector entre la rueda y el eje de la palanca.

Esta pieza permite la transmisión de movimiento entre la rueda y el eje al que la palanca transmite el mismo. Es una pieza cilíndrica cuyos extremos se conforman en operaciones que permiten estas conexiones.

En uno de ellos se sitúa la forma macho que encaja en la ranura que lleva en su centro la rueda de la palanca. Se trata de un saliente en forma de prisma rectangular.

En el otro lleva un orificio donde se alojará el pasador que ligará el giro del conector al del eje. Además, dado que la pieza es hueca, en este extremo se encuentra también la abertura por donde se alojará el eje de la palanca. Se adjunta una imagen a continuación mostrando ambos extremos:

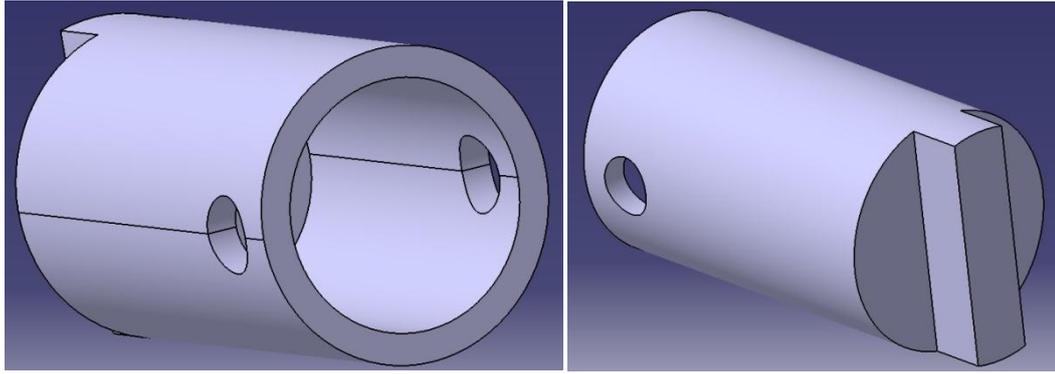


Figura 3.33. Detalles del conector entre el eje y la rueda de la palanca.

Eje y palanca.

Estas piezas son dos tubos unidos en ángulo recto mediante soldadura en un plano a 45° con el eje longitudinal. El eje de la palanca lleva una corona a 8 mm del extremo donde se fijará el muelle que permitirá reconectar la rueda con el eje al volver a la posición de origen de la palanca. La barra de palanca lleva rosca en su extremo para unir el mango.

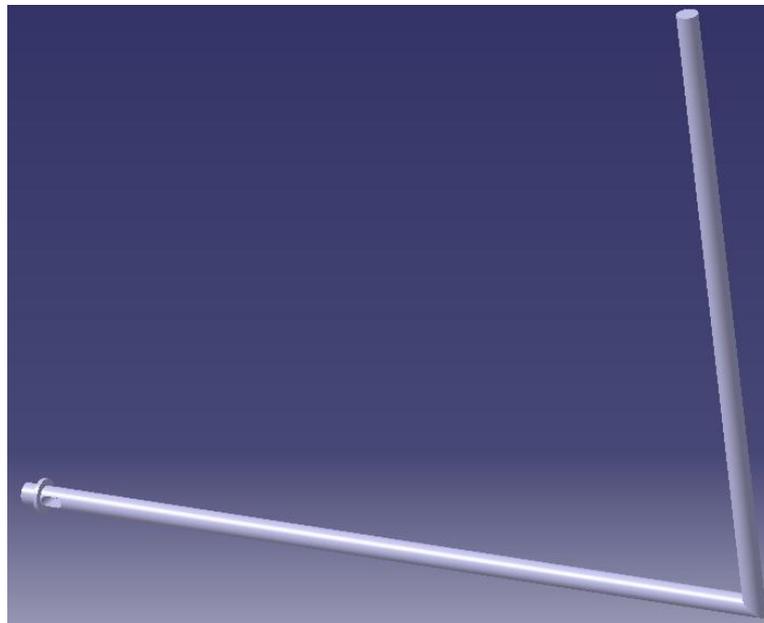


Figura 3.34. Eje y barra de palanca.

Mango de palanca.

Esta pieza se coloca en el extremo de la barra de la palanca para servir de asidero para el accionamiento del mecanismo. Cuenta con un orificio roscado en su parte inferior para llevar a cabo dicha unión.

El diseño está pensado para poder ser utilizado por cualquier persona con diversidad funcional. Se proponen dos espacios distintos para asir el mango. El inferior es más ancho y su contorno más suave para permitir que se puede agarrar con la mano completa. La parte superior es más estrecha y pronunciada para poder ser utilizada por personas sin dedos o que carezcan de la posibilidad de agarrar con fuerza. En la figura 3.33 se ilustran estas consideraciones:

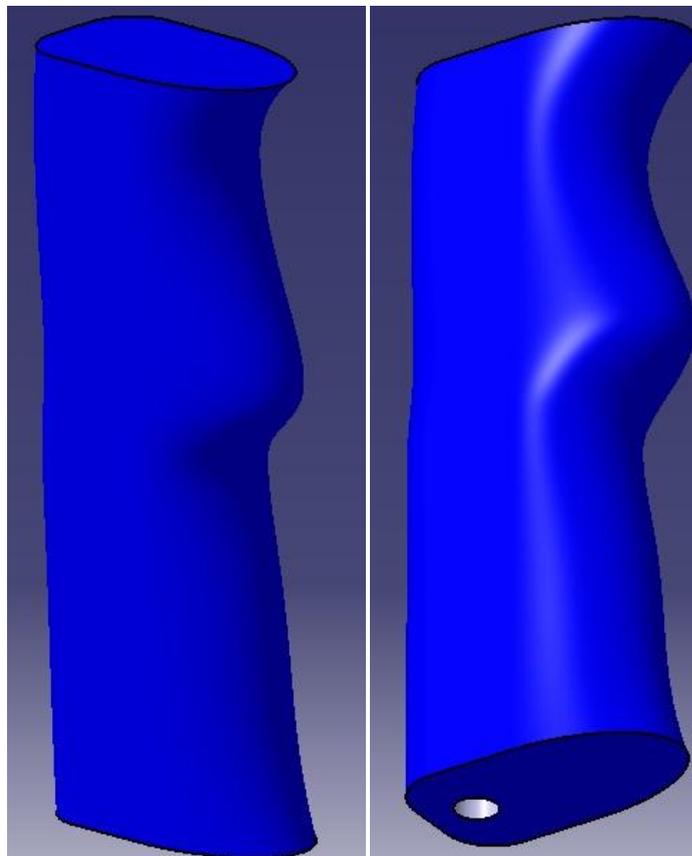


Figura 3.35. Mango de la palanca.

CAPÍTULO IV. CÁLCULOS

En este capítulo se va a describir el proceso utilizado para dimensionar las piezas del mecanismo así como justificar que ninguno de sus elementos va a sufrir tensiones que pongan en riesgo el correcto funcionamiento del mismo.

El grueso de los cálculos se ha realizado mediante la simulación en un software de un modelo paralelo. Se toma esta decisión ya que se pretende conocer tanto fuerzas y momentos como velocidades y aceleraciones de los elementos durante el funcionamiento para encontrar el punto más crítico de funcionamiento. Dado que esto requiere un análisis dinámico, se asume más práctico utilizar un software conocido por el alumno tras utilizarlo en asignaturas del grado.

El software utilizado es Working Model. Este programa permite simular el funcionamiento de mecanismos imponiendo condiciones tales como pesos, inercias, gravedad, rozamiento, etc. Además permite modificar la geometría de las piezas que conforman el mecanismo e interconectarlas entre sí de diversas formas.

Se trata en definitiva de un programa práctico y simple, adecuado para conocer rápidamente los efectos sobre las piezas de movimientos sencillos sin necesidad de recurrir a cálculos que a manos resultarían complejos y tediosos.

4.1. SIMULACIÓN EN SOFTWARE.

4.1.1 Modelo.

El modelo utilizado para la simulación es el resultado de un proceso de simplificación y modificación de muchos anteriores. El modelo de simulación sufrió cambios con el diseño, debiéndose modificar los cálculos varias veces a lo largo del proceso de diseño.

Además, dadas las herramientas conocidas en el software, se llevan a cabo las ligaduras entre elementos de formas distintas a las que corresponden con la realidad. No obstante, estas ligaduras modificadas al modelar la simulación siempre mantienen características similares a las reales, por lo que no se modifican los movimientos relativos o las transmisiones de fuerzas entre los elementos que constituyen el mecanismo.

Se modelan las barras que conforman las bielas y la complementaria de la primera manivela como rectángulos estrechos, y las ruedas que conforman las manivelas como discos. La bandeja se representa también como un rectángulo horizontal. Los elementos de la palanca, rueda, y barra, siguen el mismo modelo.

Esta simplificación sólo resta validez a los resultados en tanto que no se toman en consideración tensiones locales en zonas que representan discontinuidades con el modelo teórico utilizado para el cálculo de las tensiones.

Algunas de las ligaduras que conectan los elementos del modelo del mecanismo sí corresponden a las reales, las llamadas en Working Model *pin joint*, o uniones cilíndricas. Representan las uniones con pasador descritas en el capítulo anterior y modelan una ligadura que permite tanto el desplazamiento en el espacio como el giro relativo entre las piezas que se unen en ella.

El resto de las ligaduras y conexiones entre elementos simulan formas de ligadura distintas a las reales pero cumplen las restricciones que éstas imponen. Es el caso de las guías verticales, tanto de la bandeja como de la rueda móvil. También lo es de las uniones con engranajes, que simulan las correas de transmisión entre las ruedas del mecanismo. Se construyen con relación de transmisión igual a uno para simular el movimiento angular simultáneo que presentan las correas de transmisión.

La palanca y la barra complementaria de primera manivela llevan uniones rígidas con sus respectivas ruedas para implementar la condición de igual giro angular.

Se incluyen en la simulación los elementos del sistema de accionamiento para poder estudiar los esfuerzos dinámicos sobre los mismos. No se incluyen, sin embargo, los elementos del sistema de retorno, los cuales se sustituyen por un momento constante ejercido sobre la rueda fija del mecanismo. Así, se logra modelar el efecto del sistema de retorno sin incluir en la simulación más elementos que complicarían el estudio del comportamiento del mecanismo.

Para poder modelar el sistema de retorno de esta manera, se hizo necesario modificar el sistema de retorno original a uno con un momento constante, resultando así la propuesta de diseño presente en el capítulo III donde alambre o hilo se ata y enrolla en la polea que comparte eje con la rueda fija.

El modelo resultante se muestra en la siguiente figura:

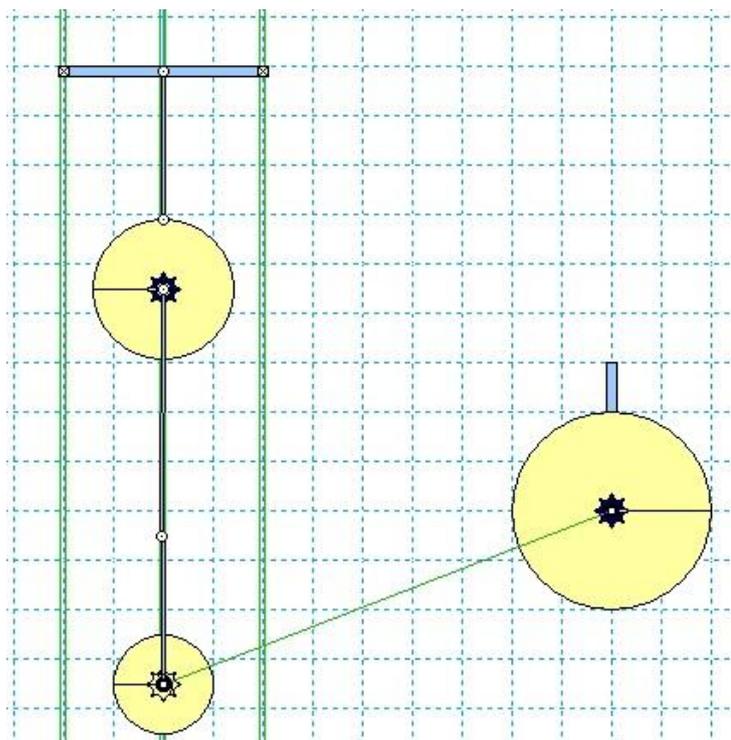


Figura 4.1. Modelo para simular el mecanismo.

4.1.2. Proceso de simulación.

La simulación se lleva a cabo mediante dos procesos distintos tomados por separado: el descenso a la posición de recogida y el movimiento de retorno. Se decide simular en dos partes debido a que éstas parten de circunstancias distintas y poco tienen que ver los movimientos y fuerzas que intervienen en cada uno. Además, se simplifica considerablemente la toma de datos y su interpretación al dividir los procesos.

4.1.2.1. Descenso.

Se analiza primero el movimiento de descenso a la posición de recogida. Como se muestra en la figura 3.2, se parte de la posición de origen y se aplica una fuerza sobre el extremo de la palanca para iniciar el movimiento.

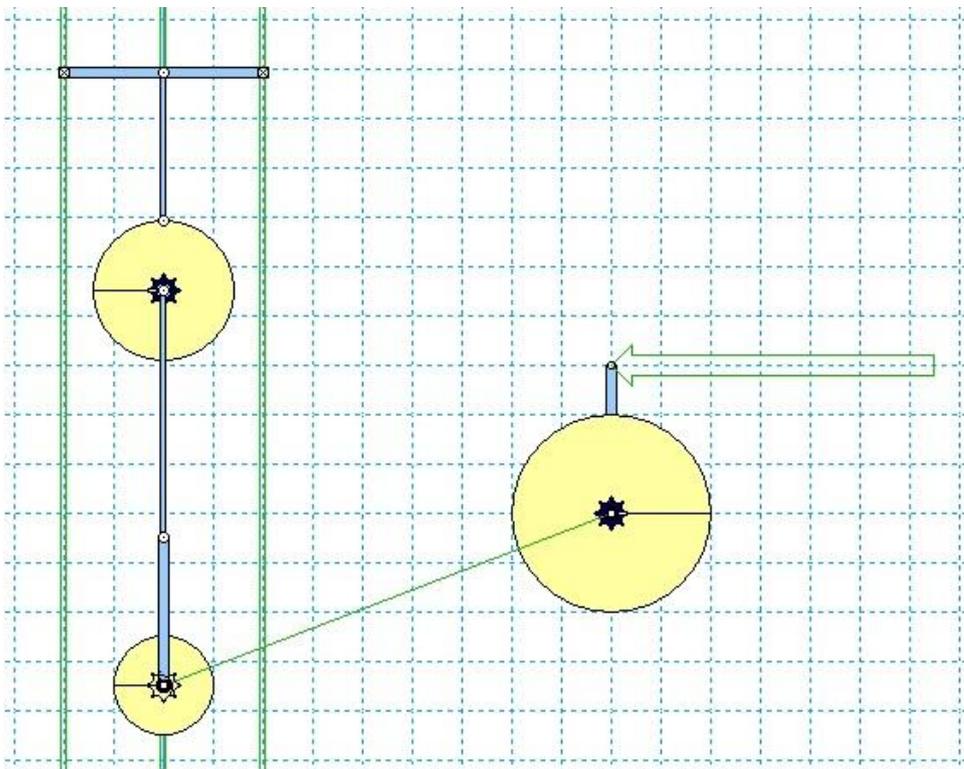


Figura 4.2. Posición de origen del mecanismo.

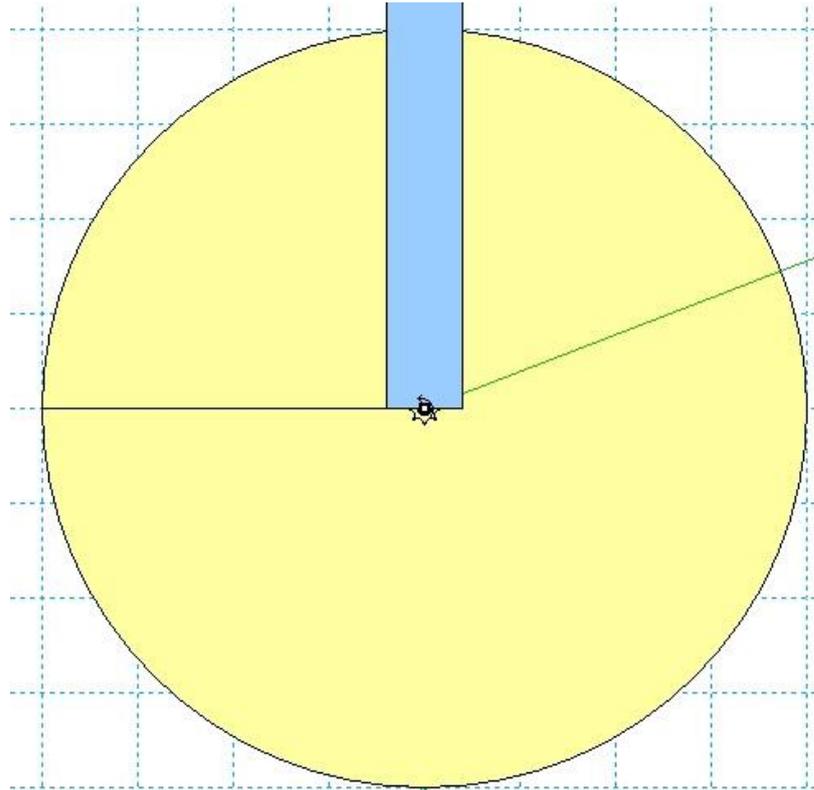


Figura 4.3. Detalle ampliado de la rueda fija.

Se incluye la figura 4.3 para mostrar el momento aplicado en la rueda fija, que por las proporciones de la interfaz del software no se aprecia en la 4.2.

Con la fuerza aplicada en la palanca y el momento en la rueda fija, se establece una situación de desequilibrio de momentos en la rueda fija, lo que provoca su movimiento. Según la ecuación 3.1, en función del valor de la fuerza ejercida sobre la palanca, de la masa del peso del sistema de retorno y de las distancias a la que estas fuerzas actúen se producirá el giro en uno u otro sentido. Este principio rige tanto el movimiento de descenso como el de retorno.

Por lo tanto, el problema de diseño consta de elegir cuáles de estas variables serán fijadas y cuales resultado de esta elección. Para adecuar el diseño y hacerlo adaptado, se decide, tras varias propuestas, fijar 50 N (≈ 5 kg) como la fuerza máxima admisible para el correcto y fluido funcionamiento del mecanismo. Además, se busca colocar un peso con la mayor cantidad de masa posible, para favorecer el efecto de vertido al lanzar el vidrio en el giro.

Por tanto, las distancias de actuación son las variables que resultarán de fijar las anteriores. La distancia de actuación de la fuerza sobre la palanca, se

decide fijar en 30 cm para que esté situada a una altura en la que sea posible su uso por cualquier persona con diversidad funcional.

Tras esto, se realizan varias simulaciones para concretar, tanto el radio de la rueda en que irá atado el hilo que transmitirá la tensión que efectuará el momento que generará el movimiento de retorno, como el valor de la masa que constituirá dicho peso. La combinación de ambos valores que satisface mejor las necesidades de diseño, es una masa de 7 kg y un radio de 10 cm para la polea donde esta masa ejercerá su efecto.

Se resumen en la tabla a continuación los valores que toman las variables empleadas en la figura 4.4.

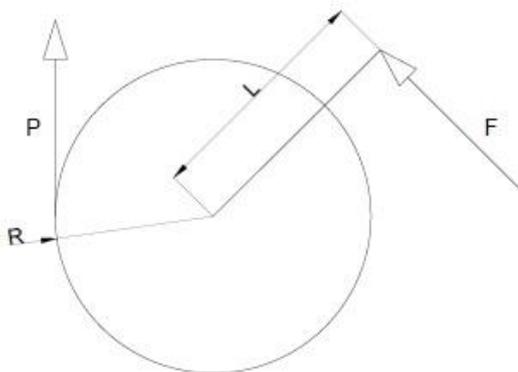


Figura 4.4. Equilibrio de momentos sobre la rueda fija del mecanismo.

Tabla 4.1. Resumen de valores elegidos para variables de la figura 4.4.

Variable	Valor
Peso	68.6 N
Radio de la polea	10 cm
Fuerza de accionamiento	50 N
Brazo de la palanca	30 cm

El peso se ha obtenido de calcular el resultante a una masa de 7 kg bajo una aceleración de la gravedad de 9.8 m/s^2 .

Estos valores no ponen en equilibrio la ecuación 3.1, si no que genera un momento en sentido antihorario que pone en funcionamiento el mecanismo provocando el descenso de la bandeja. En la figura siguiente se muestran varios instantes del proceso de descenso simulado:

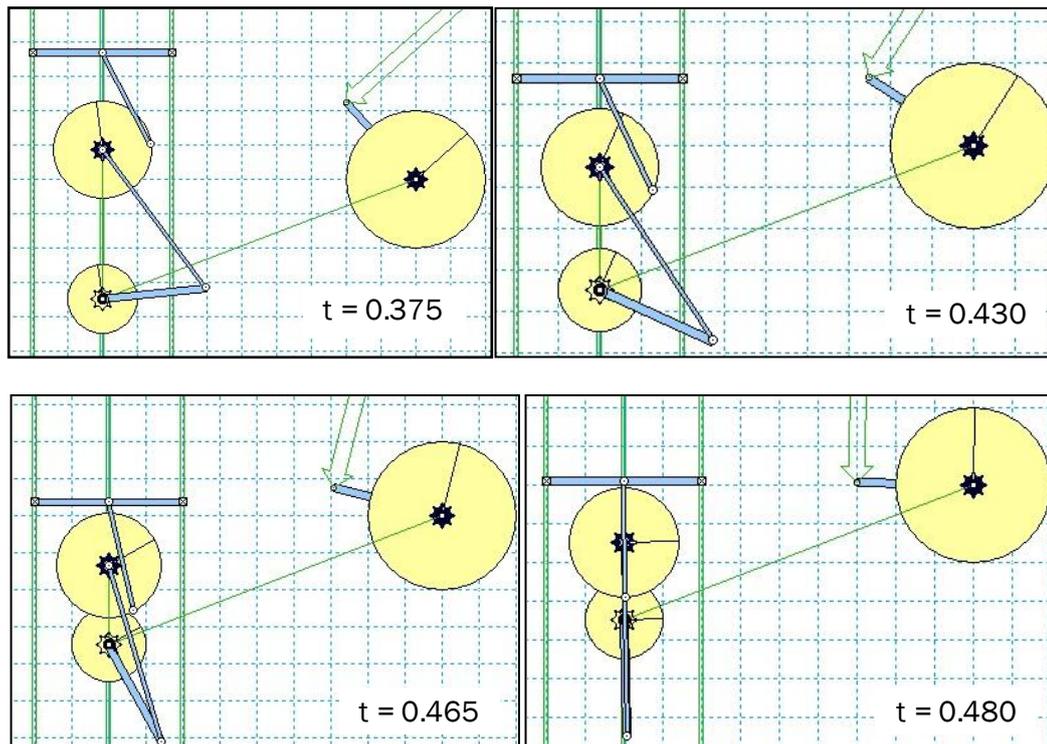


Figura 4.5. Instantes de tiempo en el movimiento de descenso de la bandeja.

Aunque se simula un tiempo total de 0.511 segundos, sólo se muestran imágenes hasta el 0.480, que describiremos como tiempo de funcionamiento, ya que para ese tiempo se alcanza la posición de recogida y la bandeja finaliza su recorrido.

Durante la simulación, se pretenden recoger datos sobre fuerzas, momentos, velocidades y aceleraciones de los elementos del mecanismo. A continuación se presentan los resultados obtenidos de estos datos para cada elemento en forma de gráficas señalando los puntos más relevantes.

Se presentan gráficas ya que para cada elemento, a lo largo de la simulación, se recogen más de 500 valores para distintos instantes de tiempo. De esta manera, se recoge la información sin adjuntar datos poco prácticos a la hora de ser interpretados. Las gráficas tienen unidades de N para las fuerzas, s para el tiempo y N·cm para los momentos. Las unidades de momentos no son las del sistema internacional, se expresan así debido a que se trabaja así con ellas en el software de simulación, ya que trabajar con las del SI resulta poco práctico. Si bien los resultados en el informe al valorar los valores máximos se expresan siempre en N·m.

Barra y eje de palanca.

Se toman la barra de la palanca y el eje ya que al ir soldados sufrirán fuerzas y momentos similares. Para el cálculo de esfuerzos se tiene en cuenta que el eje y la barra sufren de forma distinta dichas fuerzas y momentos.

Gráfica Fuerza - tiempo:

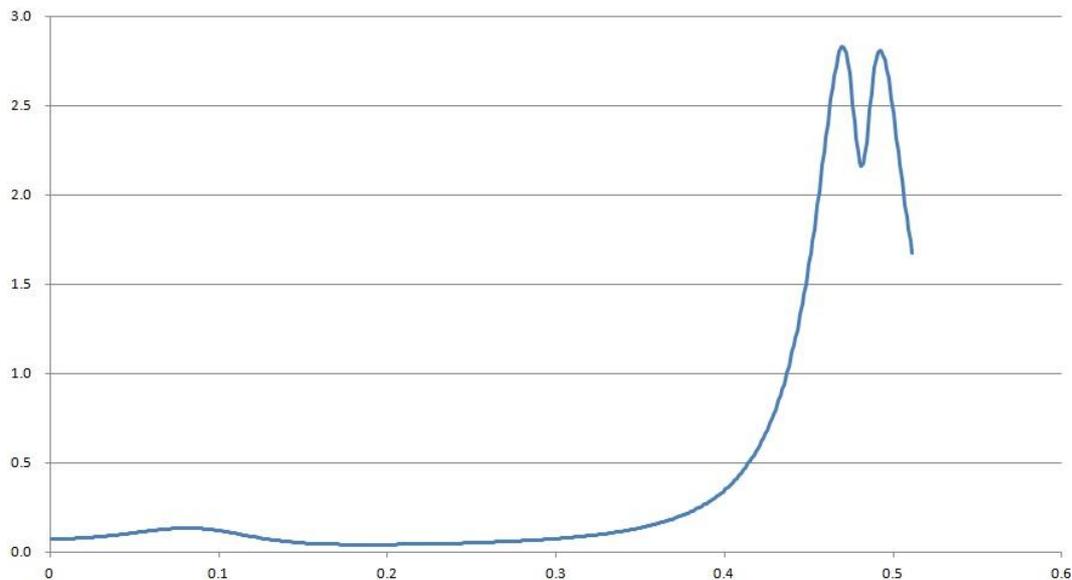


Figura 4.6. Gráfica F-t para la barra y eje de la palanca.

Se aprecia un incremento gradual de la fuerza ejercida sobre la palanca conforme ésta gira alrededor de su eje. El valor máximo de dicha fuerza es de 2.808 N y se alcanza para el tiempo igual a 0.492 segundos. Dado que el movimiento del mecanismo se interrumpe a 0.480, es un valor que no se llegará a alcanzar en la realidad. Por tanto, a la vista de la evolución de la gráfica, el valor máximo será de 2.181 N para los ya mencionados 0.481 s.

Gráfica Momento – tiempo:

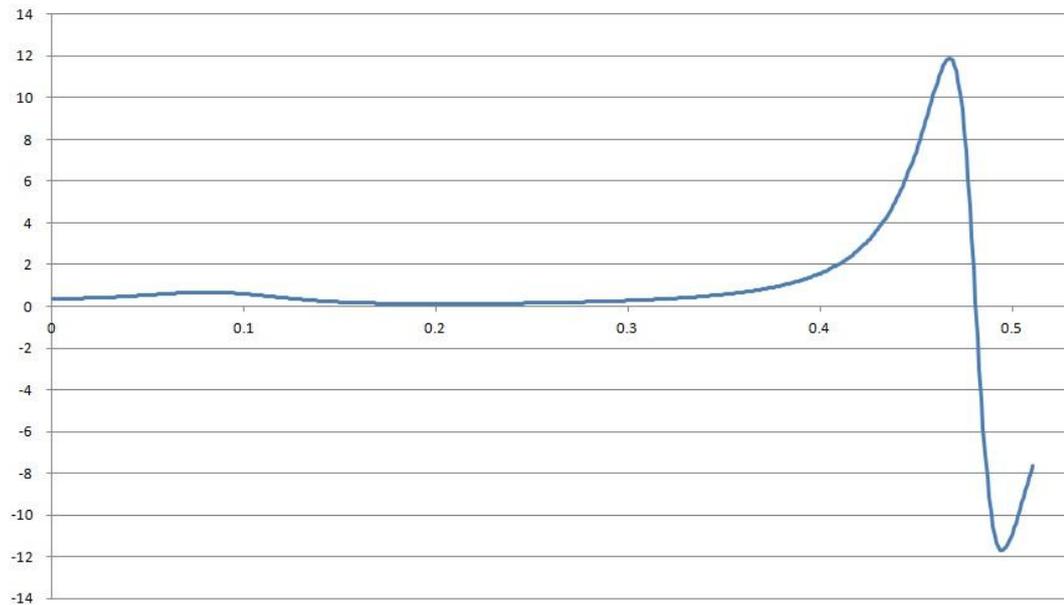


Figura 4.7. Gráfica M-t para la barra y eje de la palanca.

Se observa un aumento progresivo del momento hasta el instante $t = 0.467$, donde se produce un máximo. Para ese momento, el momento vale 11.887 N·cm, o 0.119 N·m. Después, se produce un descenso hasta que se considera finalizada la validez de la simulación, momento en el que el valor es de tan sólo 0.0017 N·m.

Rueda palanca.

Al llevar a cabo la simulación, se observa que la rueda de la palanca no soporta ninguna fuerza salvo su propio peso. Dado que está únicamente ligada a la palanca mediante un conector, sólo puede transmitirle momentos o fuerzas en la dirección de su eje, fuerzas inexistentes en el normal funcionamiento del mecanismo.

Por tanto, se adjunta únicamente el gráfico relativo a la evolución del momento sobre la rueda con el tiempo.

Gráfica Momento - tiempo:

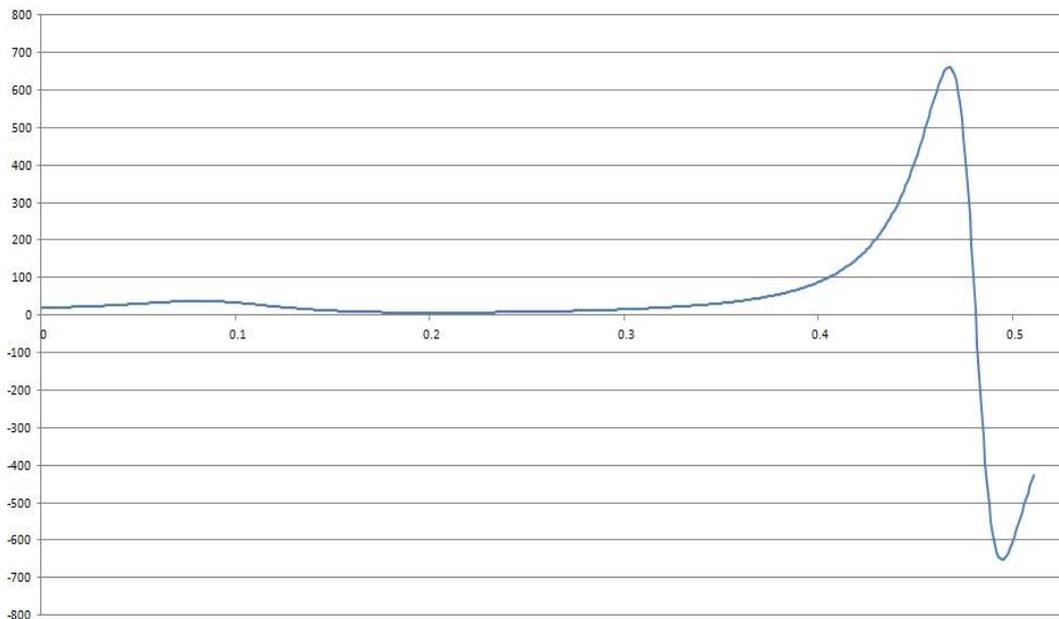


Figura 4.8. Gráfica M-t de la rueda de la palanca.

Se aprecia una evolución similar a la seguida por la barra de la palanca. Se alcanza un máximo en el instante $t = 0.467$ de $6.661 \text{ N}\cdot\text{m}$. Después, el valor desciende hasta llegar al final del periodo analizado en la simulación. El valor máximo del momento se alcanza para una rotación de 77.246° , sobre los 90° que alcanza el recorrido completo para el movimiento previsto del mecanismo.

Rueda fija.

Dado que es un elemento fijo, la resultante de las fuerzas exteriores sobre ella es 0 al igual que en la anterior. Así queda patente en la simulación en casi todos los instantes, siendo valores del orden de 10^{-15} cuando se presentan fuerzas. Por ello, como se hizo anteriormente, sólo se presenta la gráfica de momentos.

Gráfica Momento - tiempo:

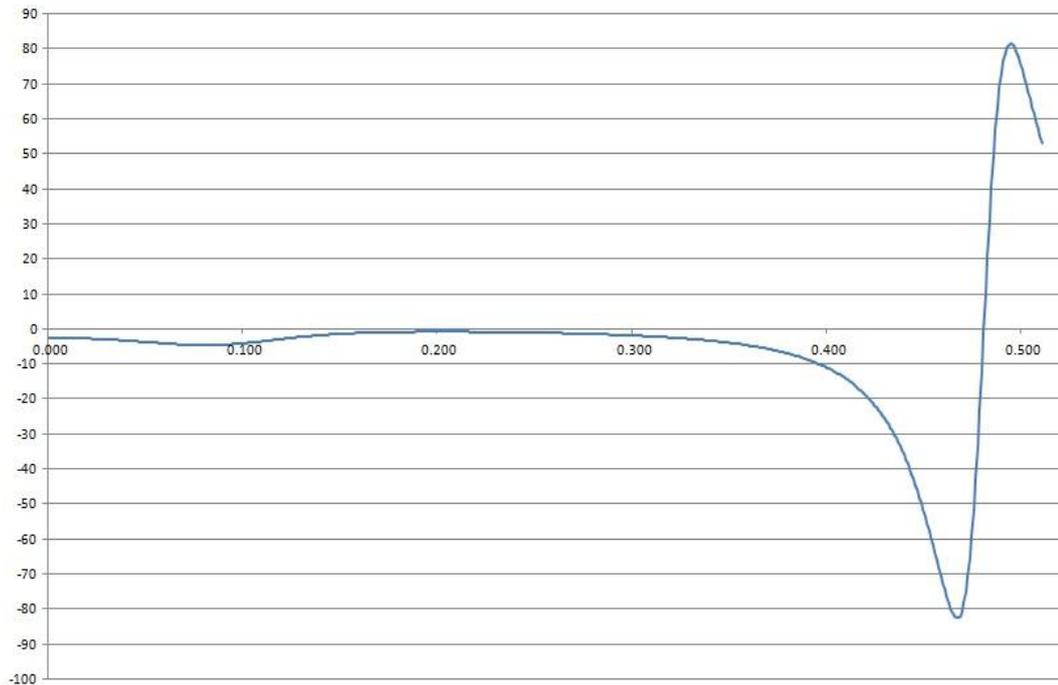


Figura 4.9. Gráfica M-t de la rueda fija.

Se observa una tendencia similar a las observadas en las gráficas anteriores, salvo por el sentido del momento. Existe un máximo en el instante $t = 0.467$, como en las anteriores, llegando a un valor de $0.826 \text{ N}\cdot\text{m}$.

Cabe destacar que se alcanza el máximo valor del momento en todos los elementos descritos hasta ahora en el mismo punto, correspondiente a unos 77° de rotación.

Barra complementaria.

Se comienza mostrando la gráfica obtenida de la evolución de la fuerza total sobre la barra complementaria de la primera manivela. Se observa como en los casos anteriores, un aumento progresivo hasta alcanzar un máximo. Para esta barra, este máximo se alcanza para $t = 0.481$, con un valor de 53.984 N . Se da por válido este valor al ser prácticamente el instante en el que se acabaría el movimiento del mecanismo.

Gráfica Fuerza – tiempo:

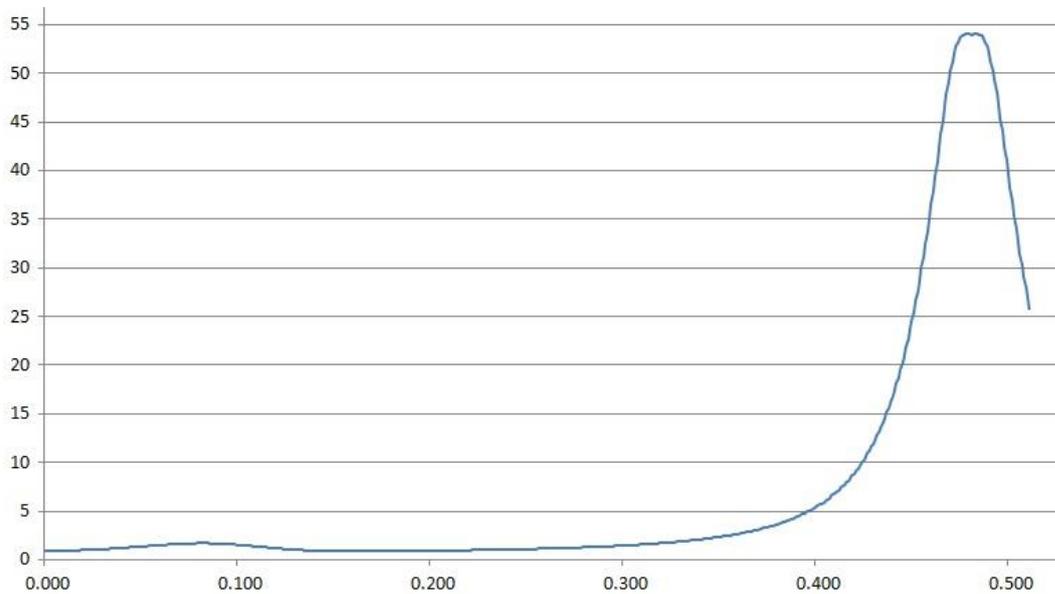


Figura 4.10. Gráfica F-t de la barra complementaria de la primera manivela.

En la gráfica de momentos presentada a continuación, se aprecia una evolución similar a las previas. Se alcanza un máximo en el instante $t = 0.467$ s con un valor de 1.486 N·m. Luego desciende hasta el final del tiempo de funcionamiento.

Gráfica Momento - tiempo:

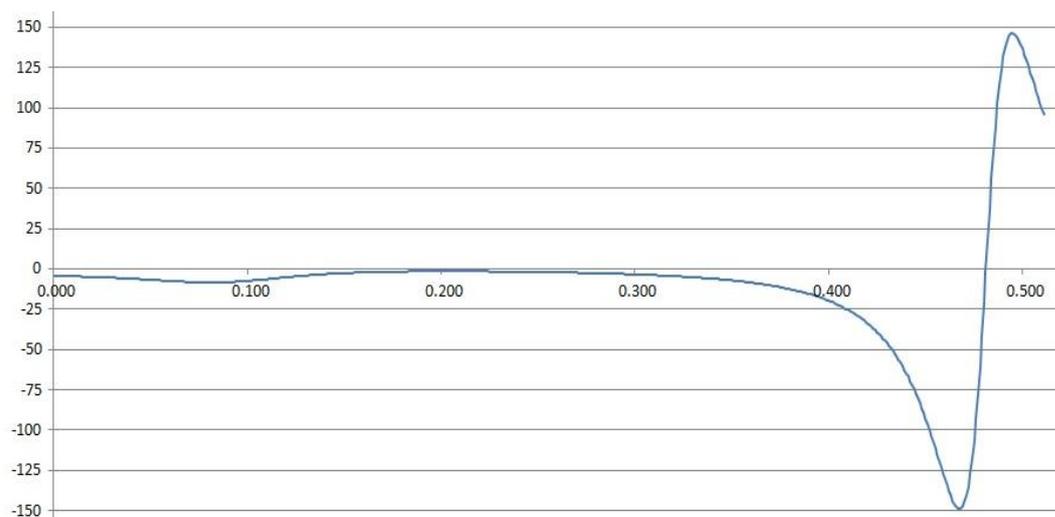


Figura 4.11. Gráfica M-t para la barra complementaria.

Primera biela.

Como se viene describiendo, la evolución es similar en las barras en cuanto a la evolución del valor absoluto de la fuerza resultante. Conforme se aproximan a la vertical en la posición inferior del mecanismo, esta fuerza se hace más grande con el tiempo, siendo máxima cerca de ese punto. Esta barra, presenta el valor máximo en $t = 0.481$ y llega a los 75.578 N.

Gráfica Fuerza - tiempo:

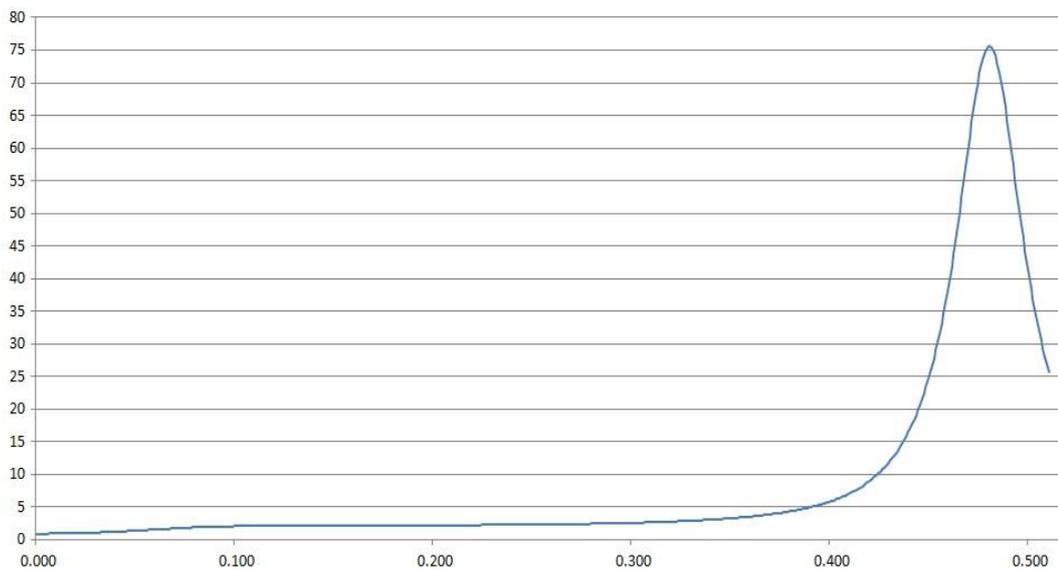


Figura 4.12. Gráfica F-t de la primera biela.

Los momentos sobre la primera biela también siguen una evolución paralela a las anteriores. Alcanza su máximo para $t = 0.467$ con valor 3.221 N·m. Se observa como en las anteriores una tendencia al cambio de signo sobre un valor similar tras acabar el tiempo de funcionamiento debido a la simetría del mecanismo en su movimiento de biela manivela.

Gráfica Momento - tiempo:

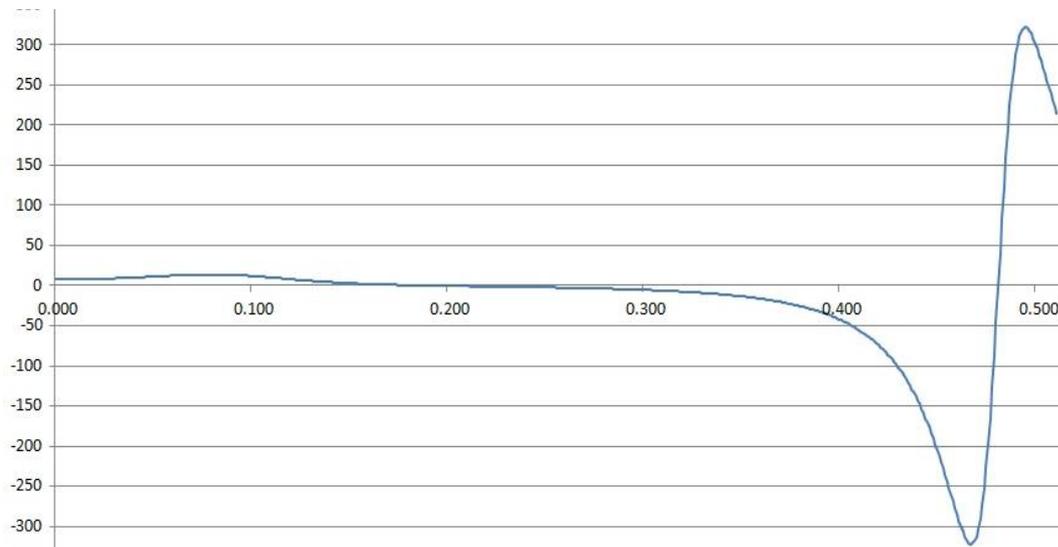


Figura 4.13. Gráfica M-t de la primera biela.

Rueda móvil.

Se comprueba una vez más que se repite el patrón para la evolución del valor de la fuerza. Se alcanza el valor máximo de 70.971 N para $t = 0.481$ s.

Gráfica Fuerza - tiempo:

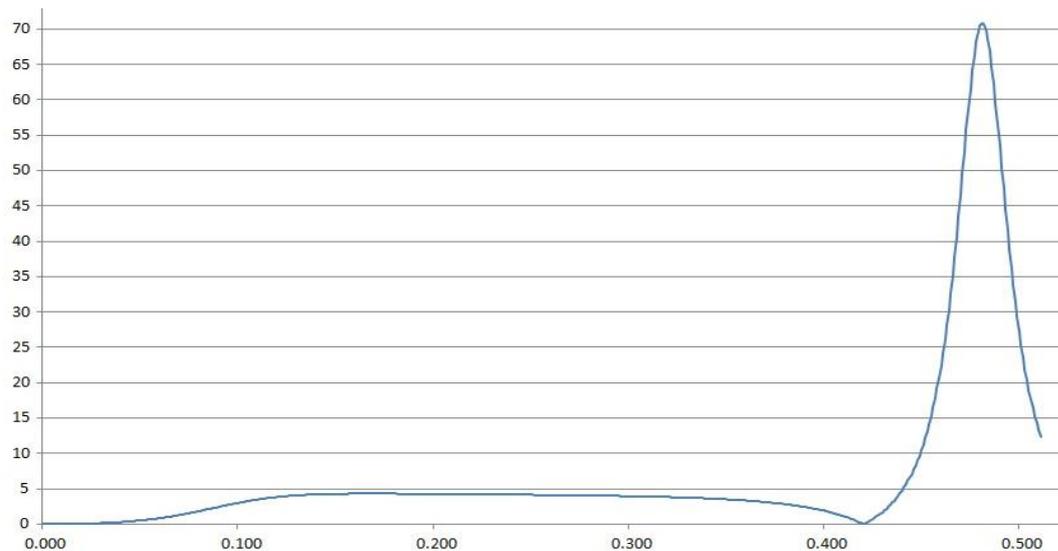


Figura 4.14. Gráfica F-t para la rueda móvil.

Capítulo IV: Cálculos

En cuanto al momento total, se mantiene el paralelismo del patrón de cambio para el valor. Una vez más se alcanza en $t = 0.467$ s el valor máximo, que llega en este elemento a 3.171 N·m.

Gráfica Momento - tiempo:

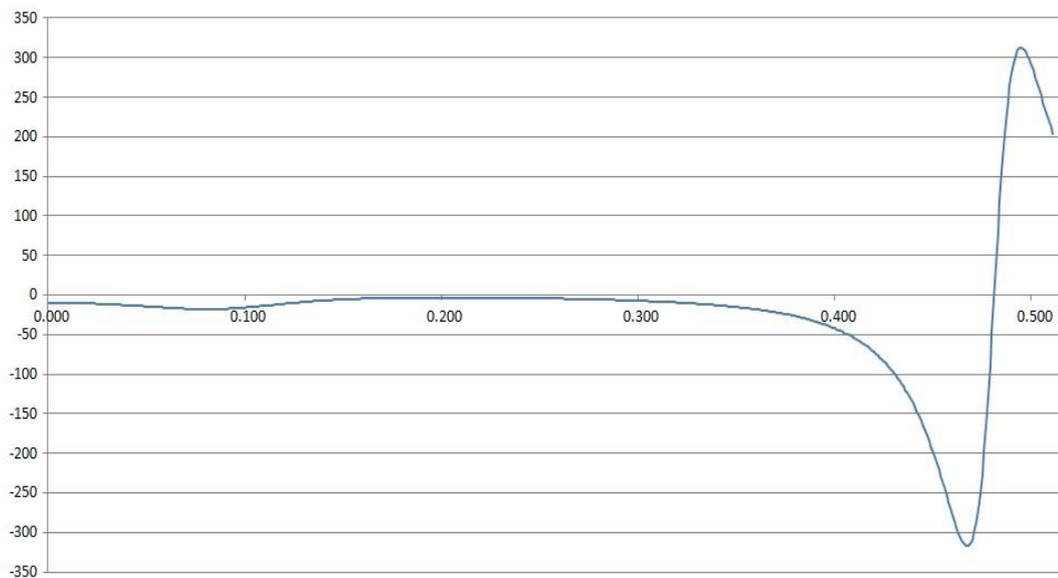


Figura 4.15. Gráfica M-t para la rueda móvil.

Segunda biela.

Se encuentra el patrón anterior para la evolución de la fuerza. El máximo se produce en el instante $t = 0.481$ s con un valor de 81.782 N.

Gráfica Fuerza - tiempo:

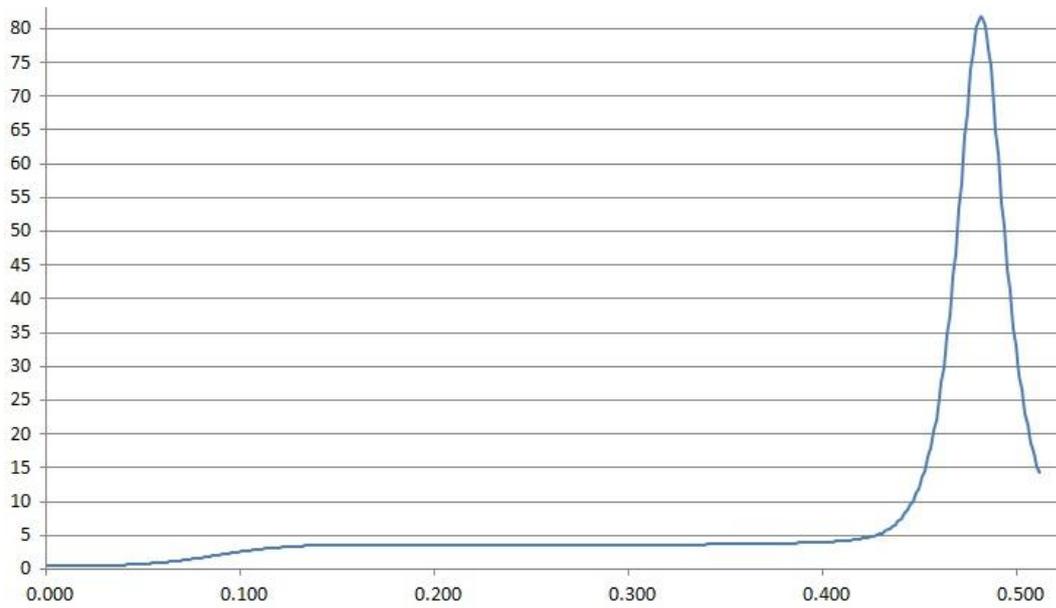


Figura 4.16. Gráfica F-t para la segunda biela.

Los momentos repiten asimismo el patrón y alcanzan en el instante $t = 0.467$ s un valor absoluto de $0.939 \text{ N}\cdot\text{m}$.

Gráfica Momento - tiempo:

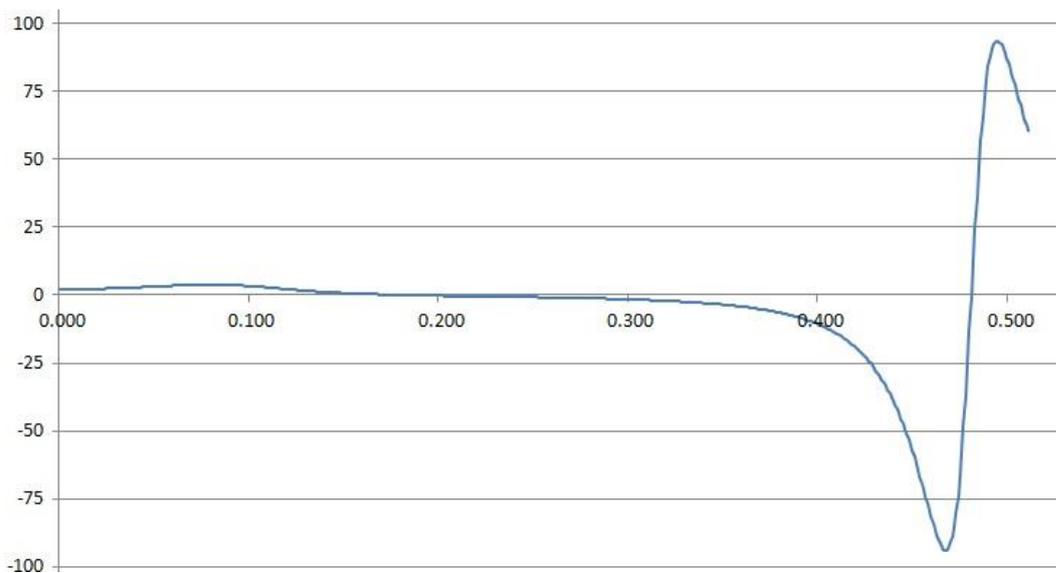


Figura 4.17. Gráfica M-t para la segunda biela.

Bandeja.

Para la bandeja, no interesan tanto los datos de fuerzas como los de velocidad y aceleración. Con estos datos, se valora la validez del modelo y las posibilidades de rotura, impacto o atrapamiento presentes en el diseño. Se presenta además, una gráfica donde se relaciona la posición según el eje vertical con el tiempo.

Gráfica Posición - tiempo:

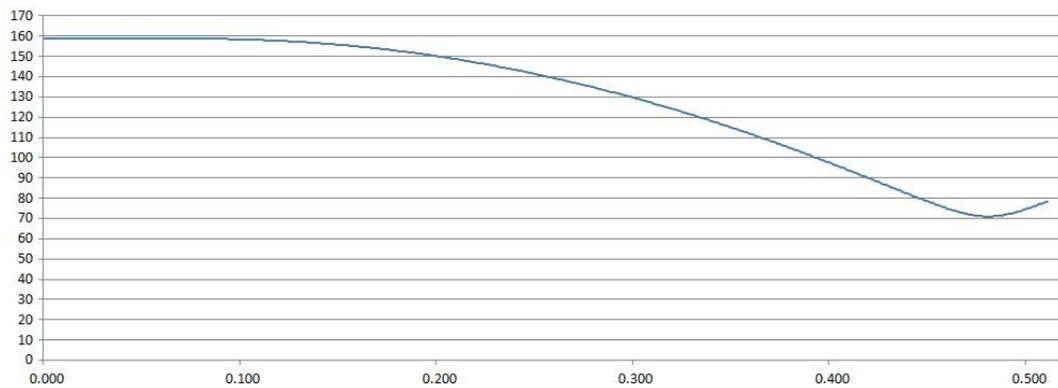


Figura 4.18. Gráfica posición-t de la bandeja.

En esta gráfica, se aprecia que el descenso no se produce de manera uniforme, si no que desciende más rápido en los instantes finales, por lo que aumenta el riesgo de atrapamiento si fallan las medidas de seguridad plantadas en el capítulo anterior, aunque esta tendencia se revierte conforme se acerca al punto más bajo. Cabe destacar que el eje vertical, que marca la posición de la bandeja indica la medida en cm sobre el nivel del suelo del mecanismo. Así, la posición más baja se alcanza a 70 cm justo en el instante $t = 0.480$ s.

Gráfica velocidad - tiempo:

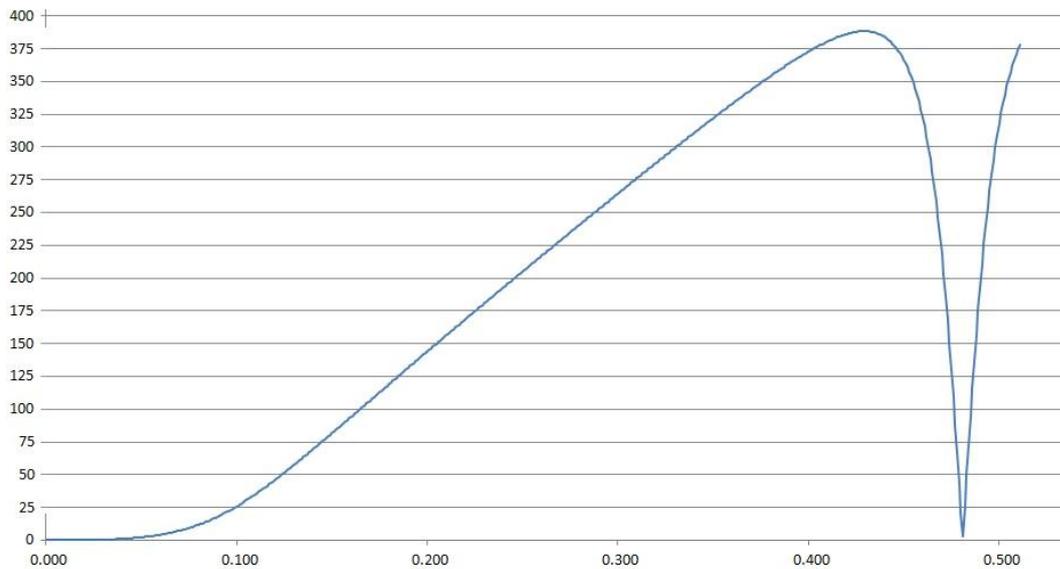


Figura 4.19. Gráfica v-t de la bandeja.

Las unidades en esta gráfica para el eje vertical son cm/s. Una vez más, se aclara que son aspectos prácticos los que motivan esta elección. Se aprecia cómo se incrementa gradualmente la velocidad hasta aproximadamente el instante $t = 0.430$ s con una velocidad de 388.403 cm/s, es decir, 0.388 m/s.

Gráfica aceleración - tiempo:

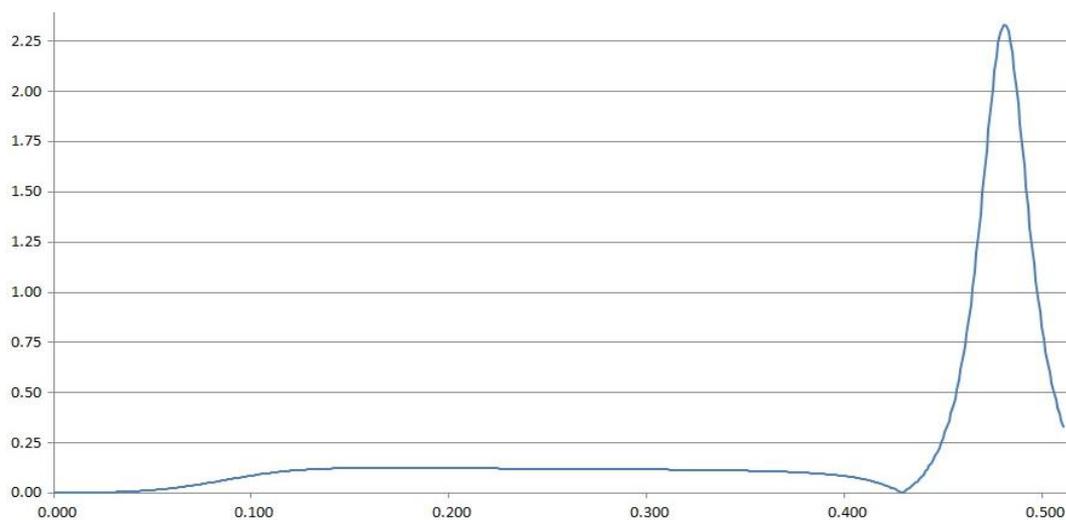


Figura 4.20. Gráfica a-t de la bandeja.

Esta gráfica si presenta el eje vertical, en el cual se muestran las aceleraciones, en m/s^2 , ya que los valores alcanzados aconsejan esta distinción respecto a las anteriores gráficas. Se observa, como es lógico por otra parte, que la evolución de la aceleración sea similar a la de la fuerza que se ha comprobado en los distintos elementos previos y que, por tanto se transmite a este, ya que es múltiplo directo de la misma.

4.1.2.2. Retorno.

El proceso de retorno se inicia en la posición de recogida. Como se muestra en la figura 4.19, en este caso sólo actúa el momento ejercido por el peso del sistema de retorno, por lo que el sistema se mueve en sentido contrario al caso anterior.

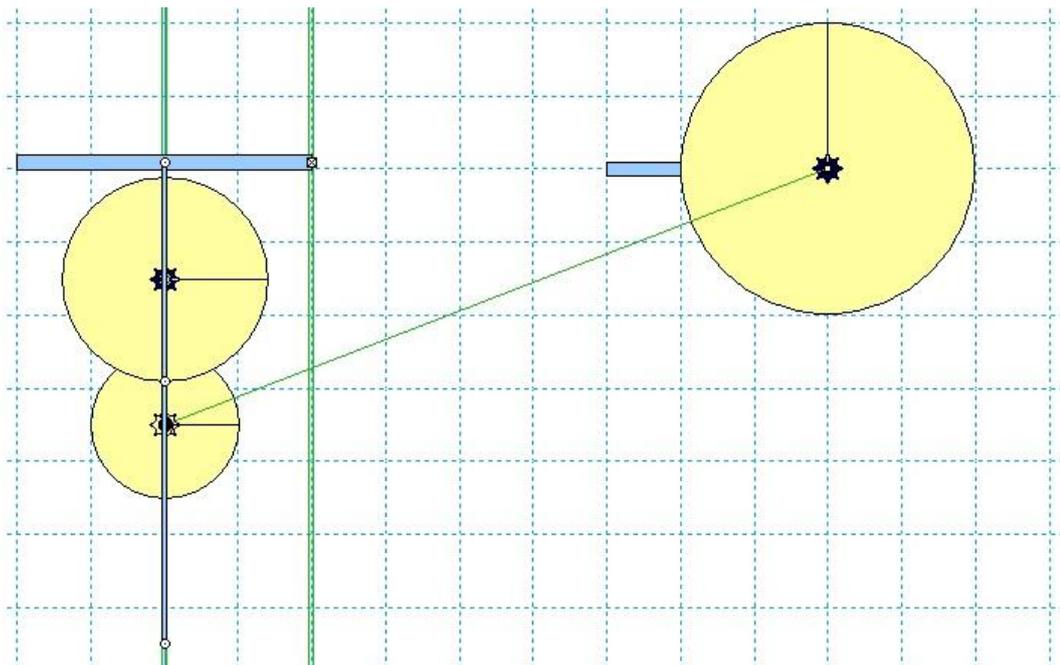


Figura 4.21. Posición de origen del movimiento de retorno.

Se llama a revisar la figura 4.3 donde se detalla la existencia del momento aplicado sobre la rueda fija.

En este caso, el mecanismo tampoco se encuentra en equilibrio. Al actuar únicamente el momento del sistema de retorno, se produce un giro en sentido antihorario en la rueda fija, iniciando así el del resto del mecanismo. Se adjuntan imágenes de distintos instantes del movimiento a continuación:

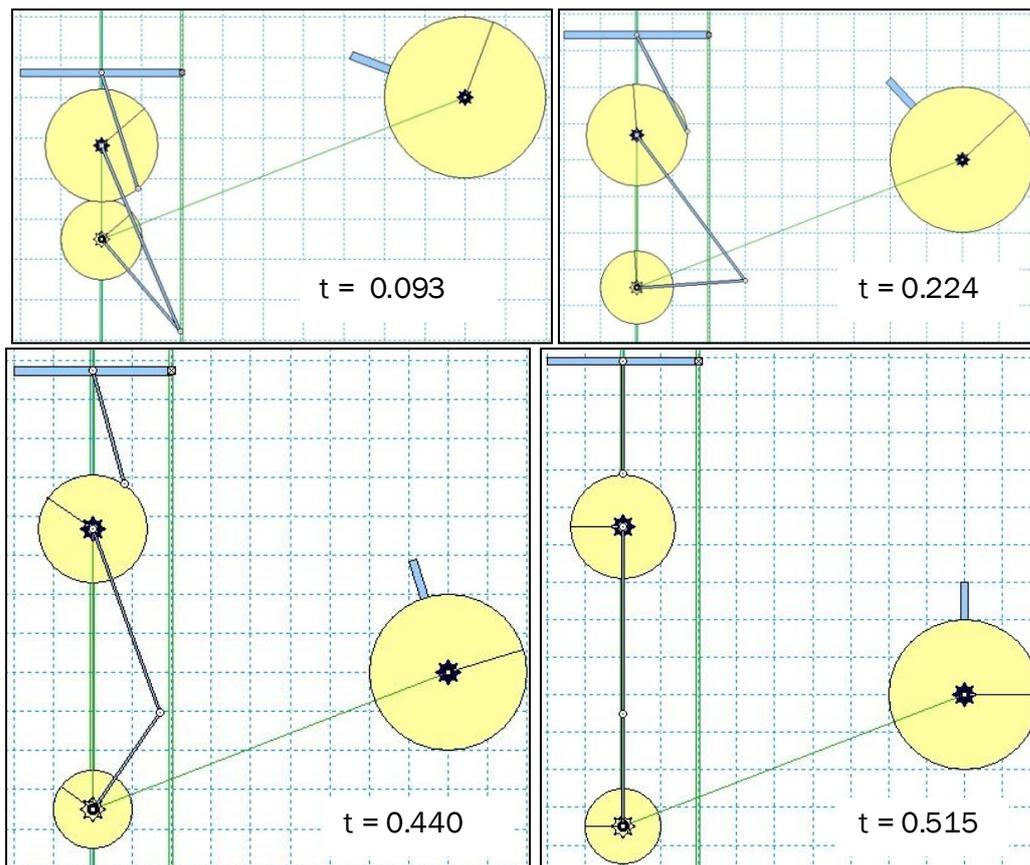


Figura 4.22. Instantes del movimiento de retorno.

Se comprueba que el tiempo de retorno es un poco mayor que el de descenso, aunque muy pequeño igualmente. En este caso, sólo resta comprobar para cada elemento las fuerzas y momentos máximos que sufren durante el movimiento, así como la velocidad y aceleración de la bandeja.

Se repiten las unidades mencionadas anteriormente para las gráficas, a saber: N para fuerza, s para tiempo, N·cm para momento, cm/s para velocidad y m/s^2 para aceleración. Se tiene como tiempo de funcionamiento para el movimiento de retorno hasta el instante $t = 0.515$ s, aunque la simulación se prolonga hasta $t = 0.550$ s.

Barra y eje de la palanca.

Las fuerzas sobre la barra son muy bajas, prácticamente nulas en la mayor parte del recorrido. Se alcanzan los 2 N en el instante $t = 0.510$ s, muy cerca del punto donde se termina el movimiento.

Gráfica Fuerza - tiempo:

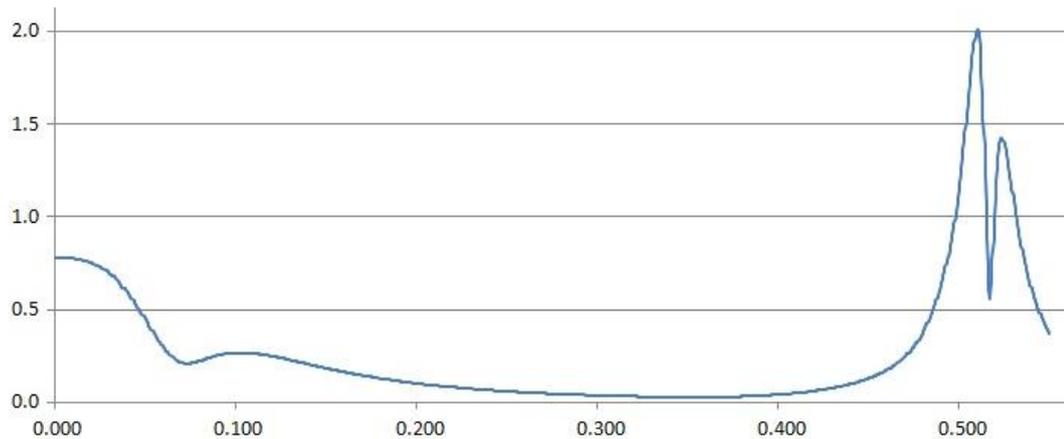


Figura 4.23. Gráfica F-t para la barra y eje de la palanca.

En cuanto a los momentos, se observa una evolución parecida a la obtenida en el descenso. Se alcanza un valor absoluto máximo de 9.887 N·cm, o 0.0989 N·m en $t = 0.510$.

Gráfica Momento - tiempo:

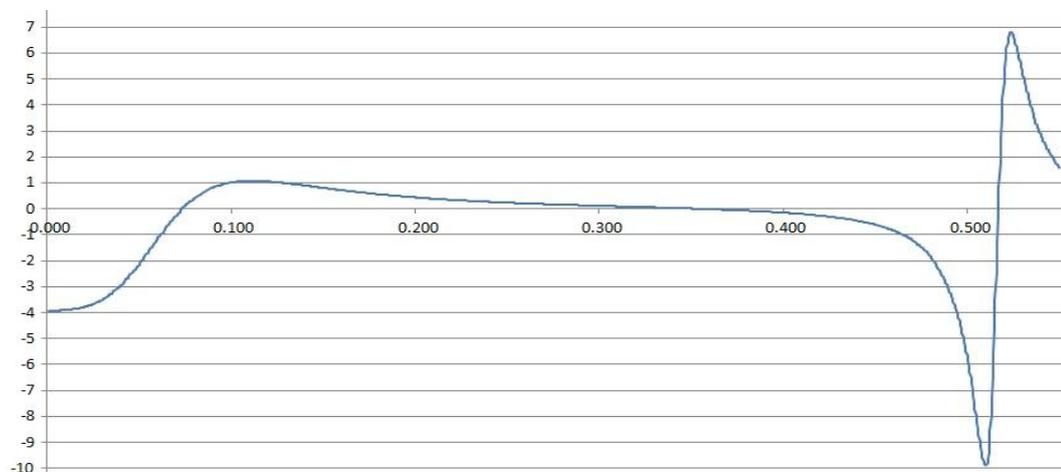


Figura 4.24. Gráfica M-t para la barra y eje de la palanca.

Rueda Palanca.

La fuerza sobre la rueda de la palanca es nula durante todo el proceso. Por lo tanto, se incluye únicamente la gráfica de momentos sobre dicha rueda.

Gráfica Momento - tiempo:

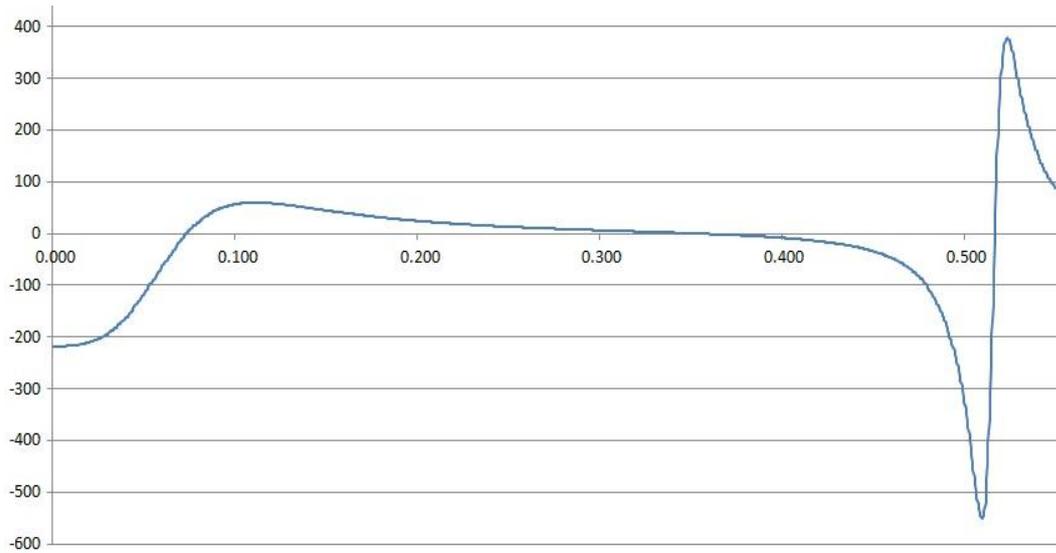


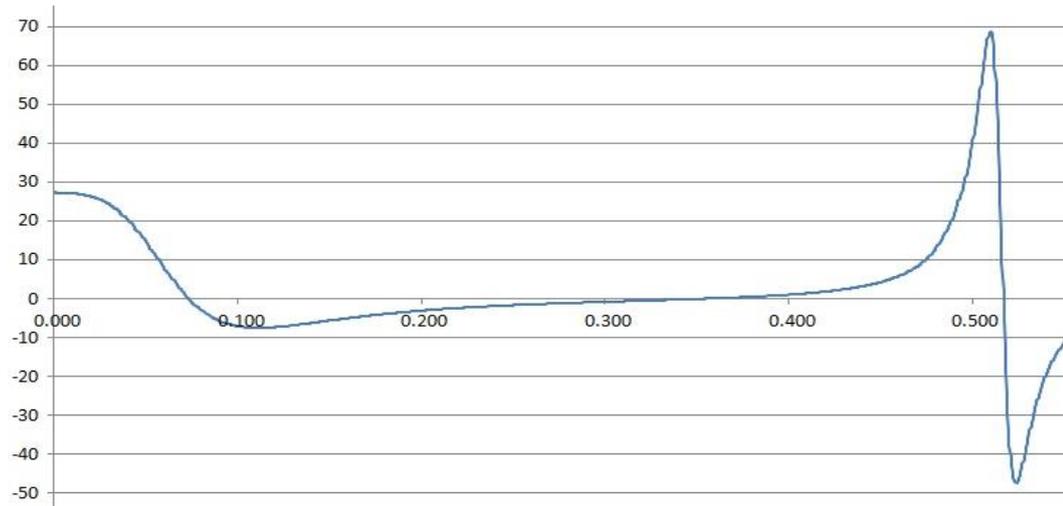
Figura 4.25. Gráfica M-t para la rueda de la palanca.

La evolución de los momentos es similar a la anterior, con un máximo en $t = 0.510$ s de valor 5.497 N·m.

Rueda fija.

De nuevo, el valor resultante de la fuerza sobre este elemento es 0. Al igual que en el anterior, se incluye únicamente la gráfica de momentos.

Gráfica Momento - tiempo:



Gráfica 4.26. Gráfica M-t para la rueda fija del mecanismo.

Se aprecia un comportamiento similar con los momentos en sentido contrario. Se llega a un valor máximo de 0.687 N·m en el instante $t = 0.510$ s.

Barra complementaria.

La evolución de la fuerza exterior resultante sobre esta barra se muestra a continuación. Sucede igual que en la barra de palanca, se alcanza el máximo muy cerca del final de la simulación, en el instante $t = 0.510$ s con un valor de 26.597 N.

Gráfica Fuerza - tiempo:

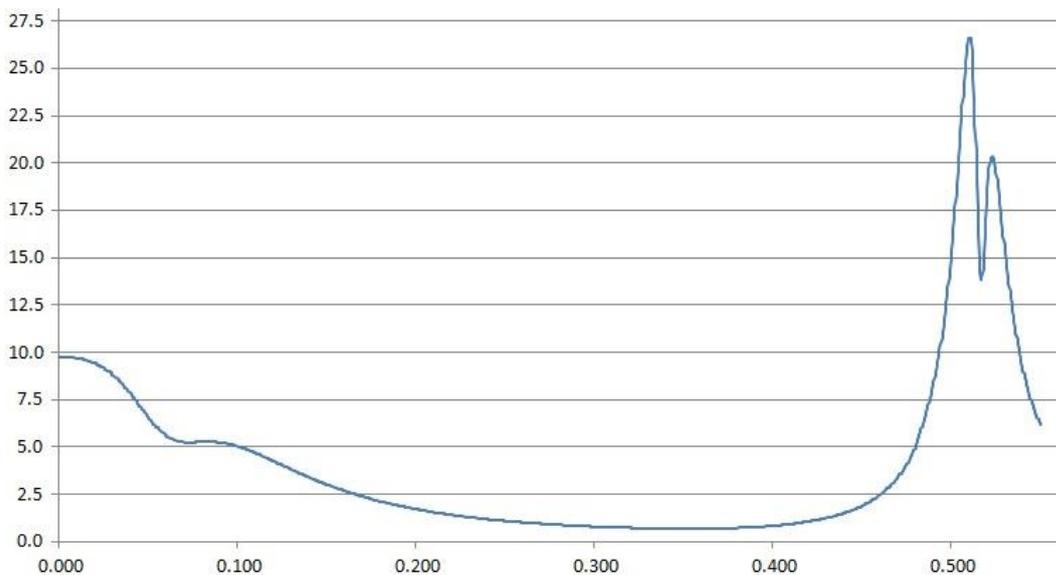


Figura 4.27. Gráfica F-t para la barra complementaria de primera manivela.

El momento evoluciona según el patrón que se ha mostrado anteriormente, alcanza el máximo para el mismo instante, $t = 0.510$ s con un valor de 1.231 N·m.

Gráfica Momento - tiempo:

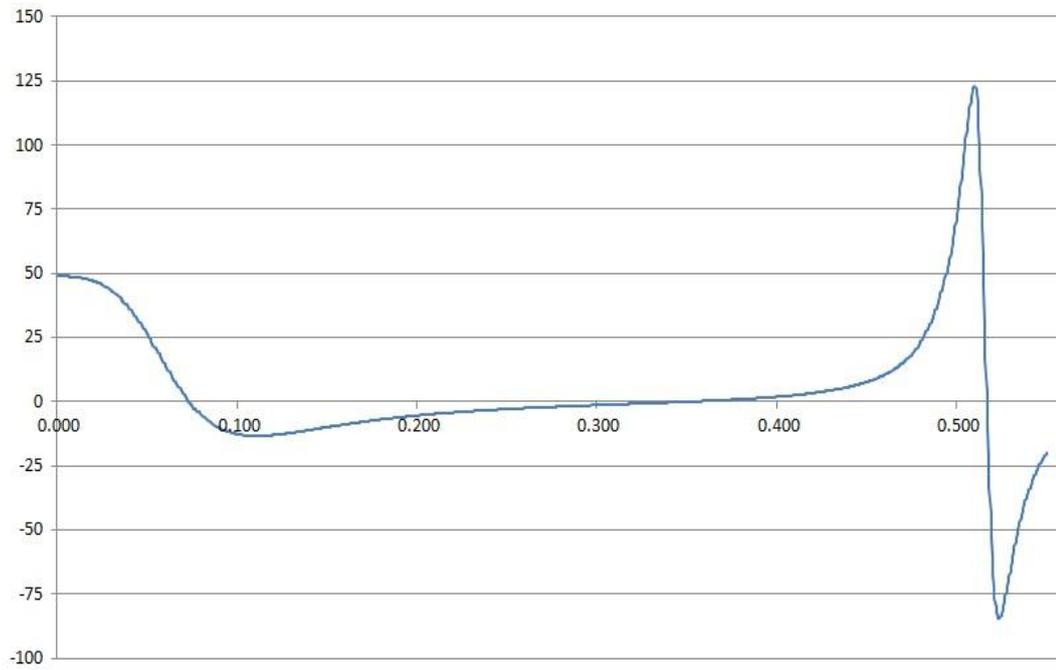


Figura 4.28. Gráfica M-t para la barra complementaria de primera manivela.

Primera biela.

Este elemento muestra variaciones ligeras respecto al patrón anterior, pero mantiene su deriva general. Alcanza el máximo más tarde que las anteriores, en $t = 0.514$ s con 36.570 N.

Gráfica Fuerza - tiempo:

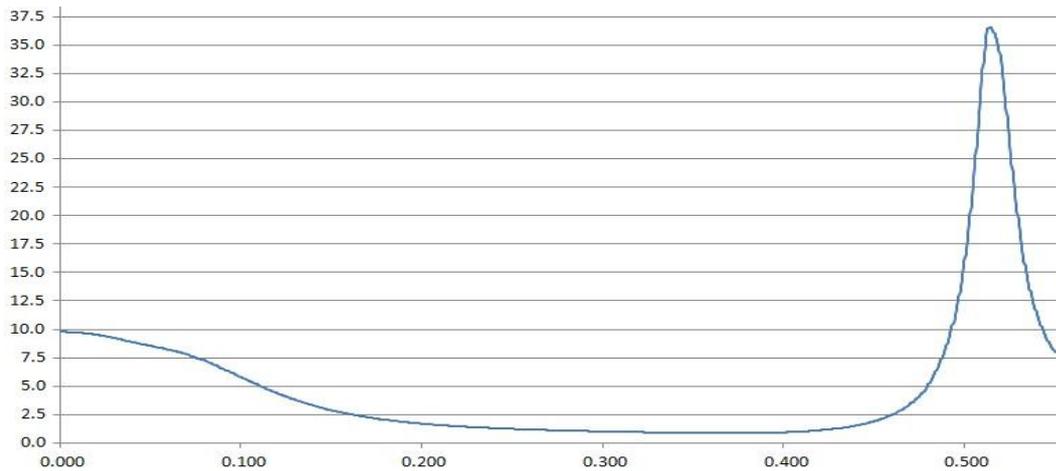


Figura 4.29. Gráfica F-t para la primera biela.

La evolución del momento mantiene el paralelismo con la de los elementos anteriores, alcanzando su máximo para el mismo instante, en $t = 0.510$ s con un valor de 2.094 N·m.

Gráfica Momento - tiempo:

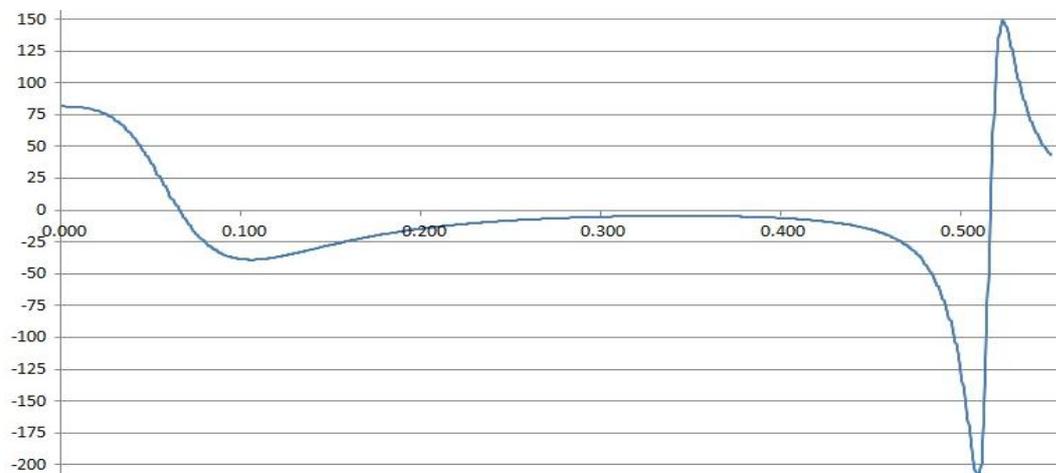


Figura 4.30. Gráfica M-t para la primera biela.

Rueda móvil.

La fuerza sobre este elemento sigue el patrón del anterior. Alcanza el máximo en el mismo punto, $t = 0.514$ s, muy cerca del final de la simulación, llegando a 72.374 N.

Gráfica Fuerza - tiempo:

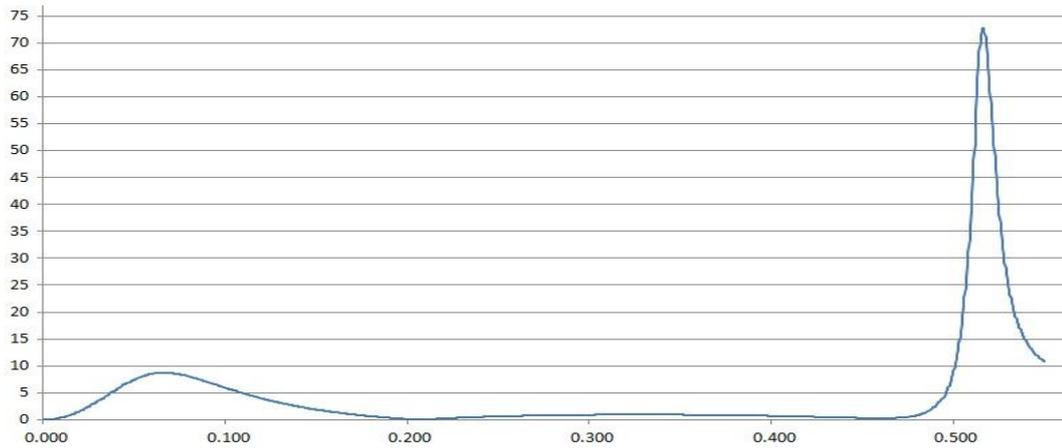


Figura 4.31. Gráfica F-t para la rueda móvil.

El momento sigue el patrón igualmente y alcanza el máximo de 2.637 N·m en el instante $t = 0.510$ s.

Gráfica Momento - tiempo:

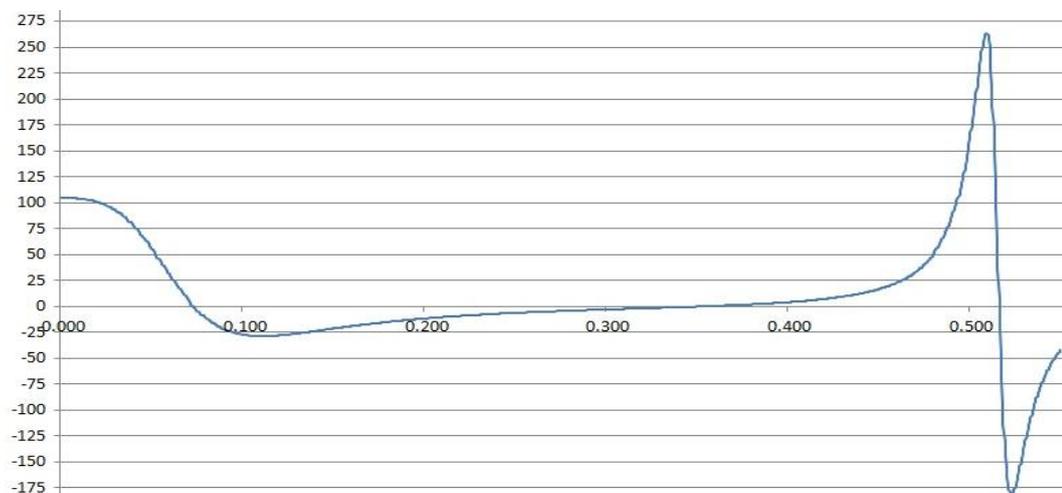


Figura 4.32. Gráfica M-t para la rueda móvil.

Segunda biela.

Este elemento alcanza una vez más el máximo en el punto $t = 0.514$ s, muy cerca del fin de la simulación. Llega a un valor de 60.249 N.

Gráfica Fuerza - tiempo:

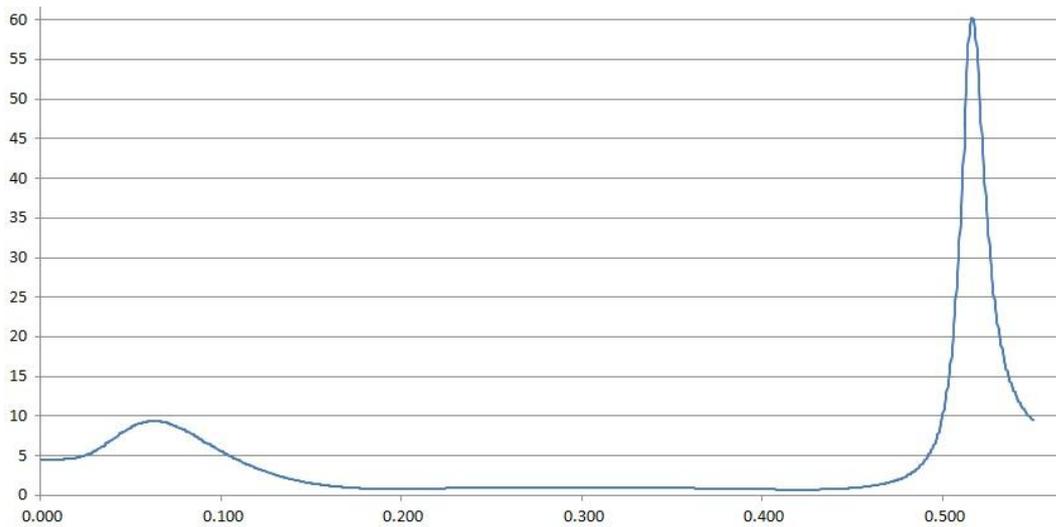


Figura 4.33. Gráfica F-t para la segunda biela.

El momento se comporta de forma similar, alcanzando el máximo en $t = 0.510$ s con un valor de 0.589 N·m.

Gráfica Momento - tiempo:

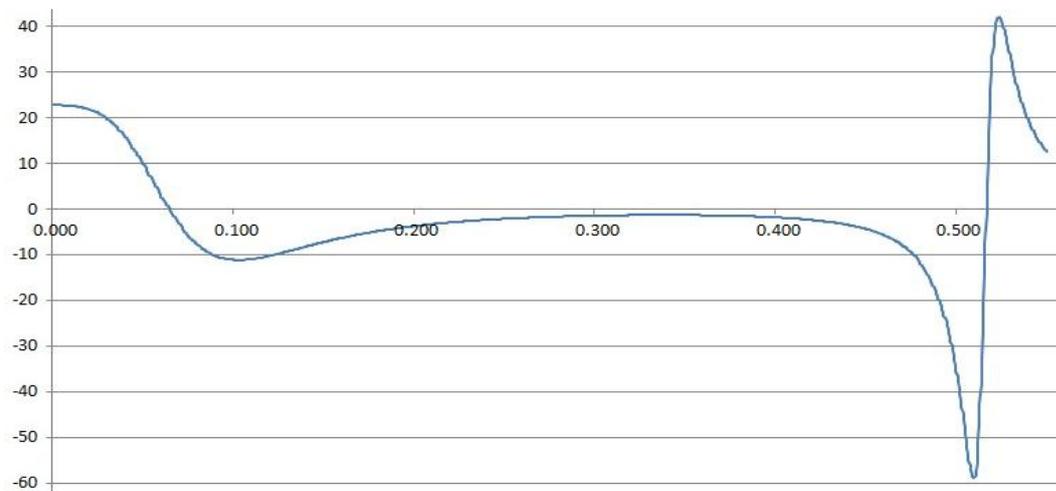


Figura 4.34. Gráfica M-t para la segunda biela.

Bandeja

Al igual que para el descenso, se incluye la gráfica de la posición que tiene la bandeja a lo largo del tiempo de retorno.

Gráfica posición - tiempo:

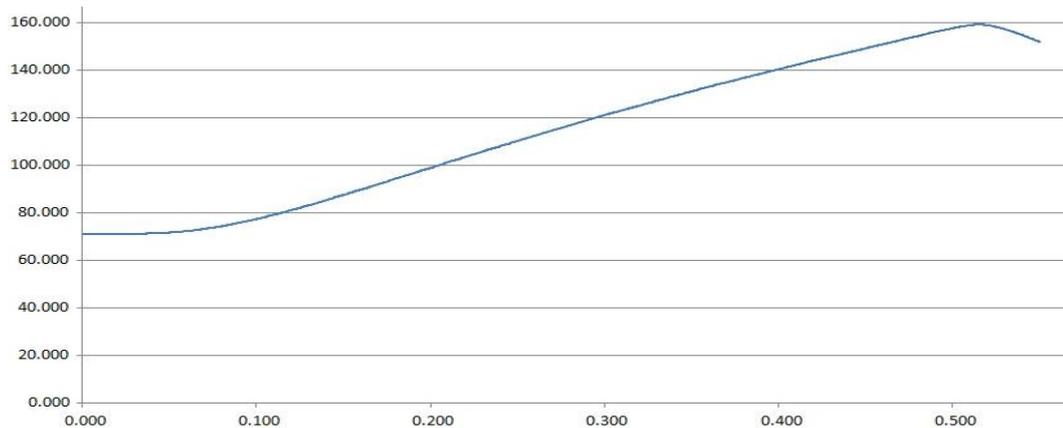


Figura 4.35. Gráfica posición-t para la bandeja.

Se añade también una gráfica de la velocidad. De los datos usados para generar gráfica de la figura 4.33, se toma el tiempo para el cual la bandeja llega a la posición de giro, a 135 cm del suelo: 0.372 s. Y de los utilizados para generar la figura 4.34 se extrae la velocidad lineal que lleva en ese momento: 187.273 cm/s, o 1.873 m/s.

Gráfica velocidad - tiempo:

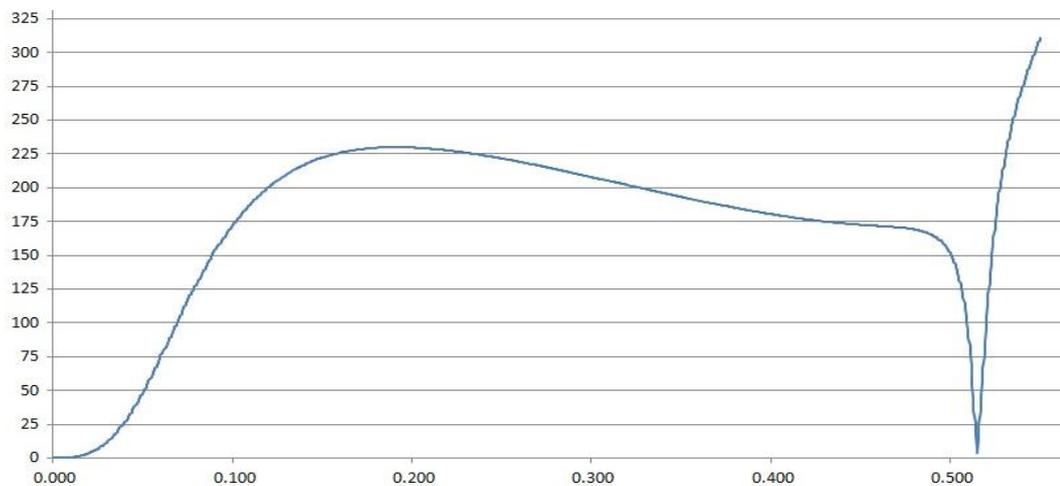


Figura 4.36. Gráfica v-t para la bandeja.

Como se comentó para el descenso, la aceleración sigue un patrón similar al de la fuerza debido a que es proporcional a la misma.

Gráfica aceleración - tiempo:

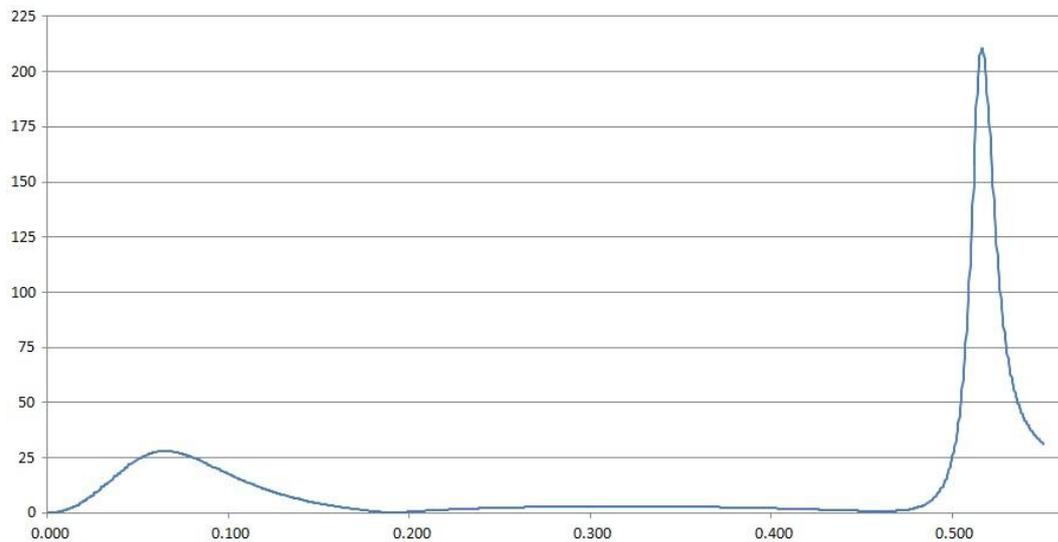


Figura 4.37. Gráfica a-t para la bandeja.

4.2. ESTUDIO DE SECCIONES Y TENSIONES MÁXIMAS.

Se ha mostrado el estudio de las fuerzas que sufre cada elemento durante el uso del mecanismo. En este apartado se pretende dimensionar las barras que actúan como bielas y la barra complementaria ya que mediante el dimensionamiento de éstas se concluye una sección mínima válida para el resto de los elementos del mecanismo, ya que son los elementos más solicitados.

Para lograr este dimensionamiento, se utilizará la fórmula que permite calcular las tensiones normales según el modelo de barra de Navier-Bernoulli. Se excluye el estudio de las tensiones tangenciales por ser habitualmente mucho menores que las normales.

Se considerará aproximado el nivel tensional de la sección con el cálculo de las tensiones normales, y se tomarán consideraciones de seguridad en el diseño para evitar alcanzar situaciones que queden fuera de esta suposición.

Capítulo IV: Cálculos

Se estudiará, por tanto, el punto de máxima tensión previsto para cada barra según la ecuación 4.1:

$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M}{W} \quad (\text{E.4.1})$$

Donde:

- N es el esfuerzo axial al que está sometida la barra.
- A es el área de la barra.
- M es el momento al que está sometida la barra.
- W es el módulo elástico.

Se presenta a continuación una tabla donde se resumen los valores máximos para las fuerzas y momentos de cada barra. Se obtienen todos ellos durante el movimiento de descenso a la posición de recogida.

Tabla 4.2. Valores de fuerzas y momentos para las barras.

Barra	Fuerza (N)	Momento (N·m)
Primera biela	75.578	3.221
Segunda biela	81.782	0.939
Barra complementaria	55.984	1.486

Con estos datos, se acude a un prontuario de secciones y se eligen valores para el módulo elástico y el área de una sección circular. Los resultados de aplicar la fórmula 4.1 se expresan en la tabla 4.3 expuesta a continuación. Se plantean para una sección circular de 6 mm de diámetro, con un área $A = 0.283 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ y un módulo elástico $W = 0.021 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$.

Tabla 4.3. Valor de la tensión en las distintas barras.

Barra	Fuerza (N)	Momento(N·m)	Tensión (Mpa)
Primera biela	75.578	3.221	156
Segunda biela	81.782	0.939	48
Barra complementaria	55.984	1.486	72.7

Los resultados que se muestran son aproximados. Se compara con el acero elegido para la fabricación de estas piezas, S275, con 275 MPa de resistencia mecánica, por lo que se comprueba que ninguna está siquiera cerca de la rotura. No obstante, tal y como se describió antes, se elige una sección mayor, de 8 mm de diámetro, para minimizar las posibilidades de rotura o deformación dadas las simplificaciones tomadas para realizar estos cálculos.

El resto de las piezas tienen secciones mínimas de constantes mayores que la presentada en la tabla, por lo que se estima no llegarán al límite de rotura durante el funcionamiento en condiciones normales del mecanismo.

4.3. COMPROBACIÓN DE PANDEO.

En este apartado se pretende aproximar una tensión crítica para la barra más susceptible de sufrir pandeo en condiciones de servicio. Este fenómeno se puede dar en ocasiones mucha antes de los límites de rotura de una pieza, en función de la geometría de la misma.

El elemento con más riesgo de sufrir pandeo es la primera biela, ya que a mayor esbeltez, más fácil es que suceda este fenómeno. Se define esbeltez como el cociente entre la longitud de la pieza y una medida de la sección que refleje el tamaño del área de la misma. En este caso, se toma el diámetro.

Para llegar a una tensión límite aproximada, se utiliza la fórmula de Euler para pandeo:

$$P_{cri} = \frac{\pi^2 EI_{mín}}{(\beta L)^2} \quad (E.4.2)$$

Donde:

- E es la módulo de Young del acero.
- $I_{mín}$ es el momento de inercia mínimo de la sección.
- β es un coeficiente que aproxima la longitud de pandeo.
- L es la longitud de la barra.

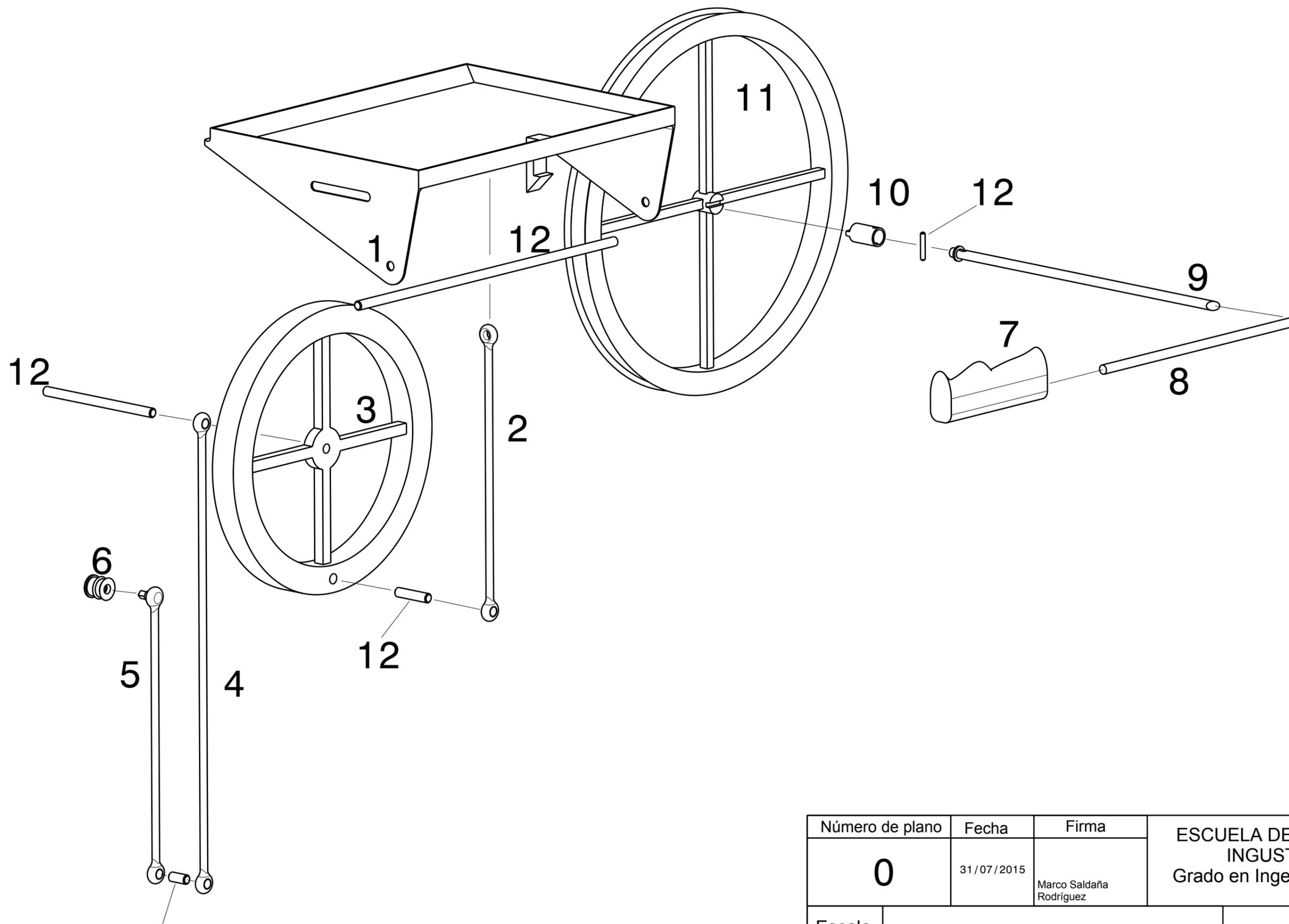
Capítulo IV: Cálculos

La constante β depende de cómo esté ligada la barra al resto del sistema. Existen β determinadas para ciertas condiciones. Es 1 para una barra biapoyada, 2 para una empotrada libre... Por las condiciones en que está ligada la primera biela, se opta por una β de 0.75, por considerar las condiciones intermedias entre una biempotrada y una biapoyada.

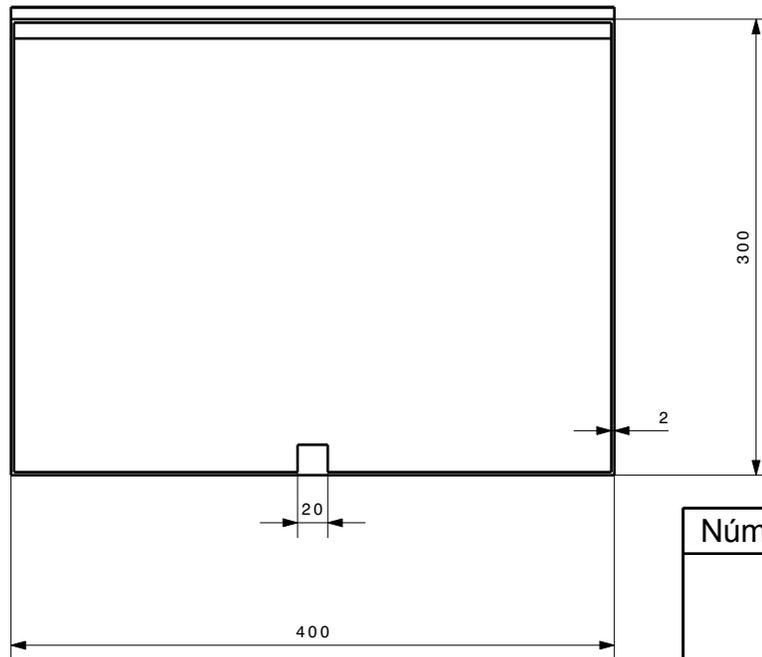
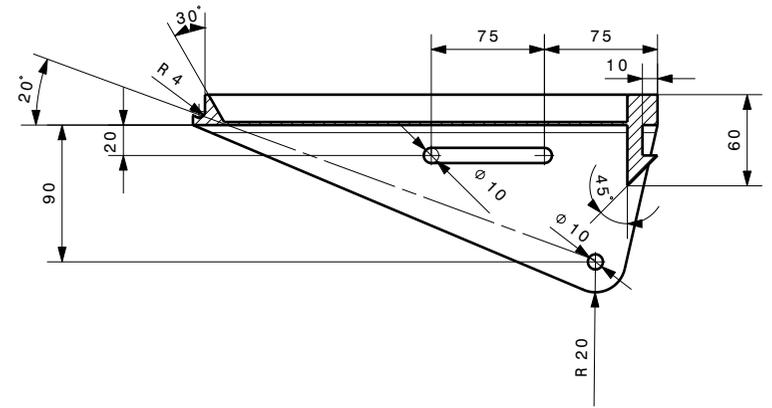
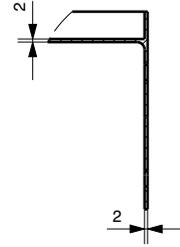
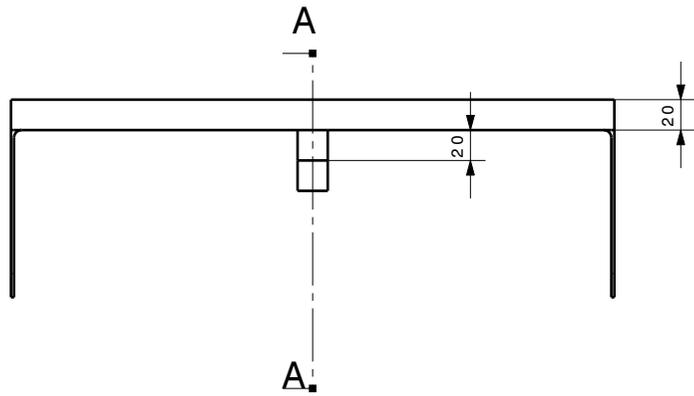
Con los datos para la E del acero, $2.1 \cdot 10^{11}$ Pa y la inercia de la sección, $0.02 \cdot 10^{-8}$ m⁴, se calcula según la ecuación 4.2 y se obtiene una carga crítica de pandeo $P = 2807$ N. Se comprueba, dado que la fuerza máxima que actúa como axil es de algo más de 75 N, que no pandeará.

CAPÍTULO V. PLANOS

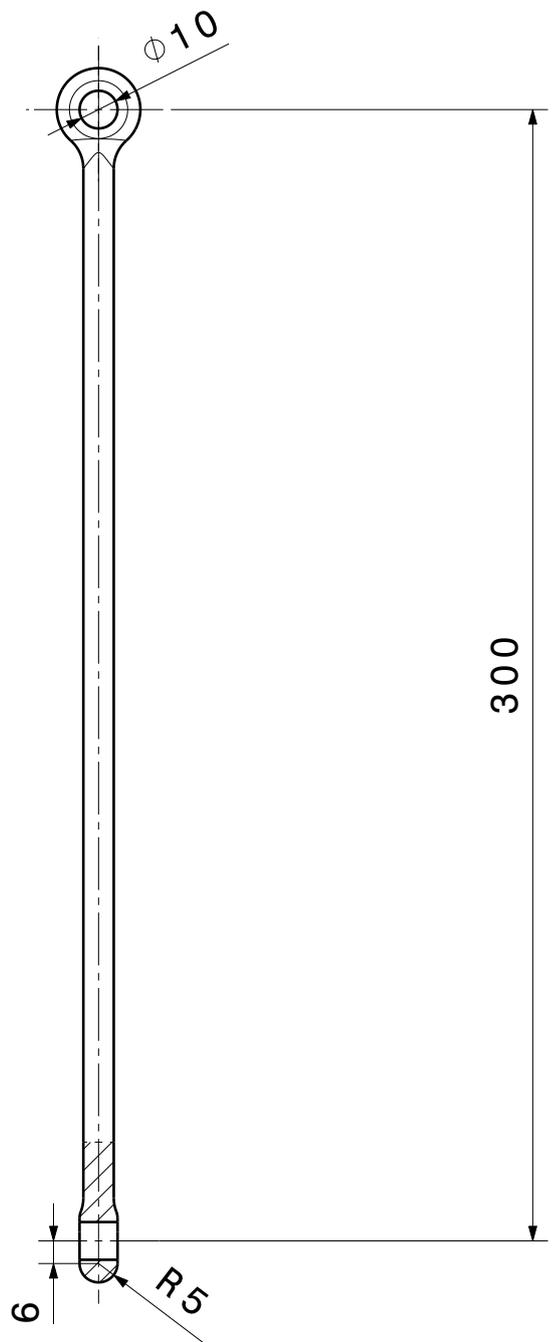
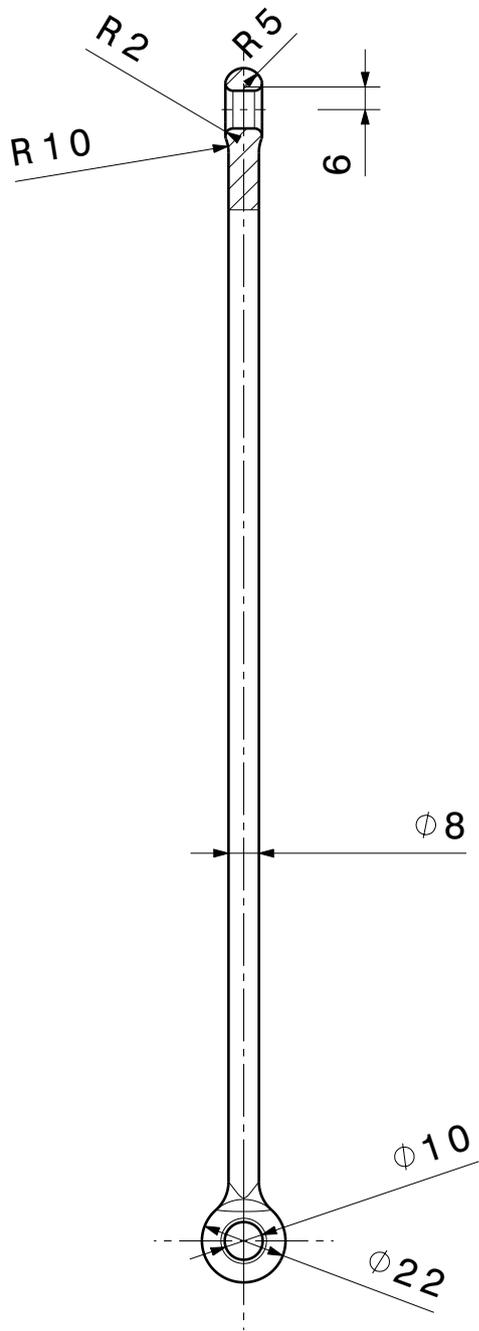
Despiece.....	0
Bandeja.....	1
Segunda biela.....	2
Rueda móvil.....	3
Primera biela.....	4
Barra complementaria de la primera biela.....	5
Rueda fija.....	6
Mango.....	7
Barra palanca.....	8
Eje palanca.....	9
Conector eje-rueda palanca.....	10
Rueda palanca.....	11
Elementos de unión y pasadores.....	12



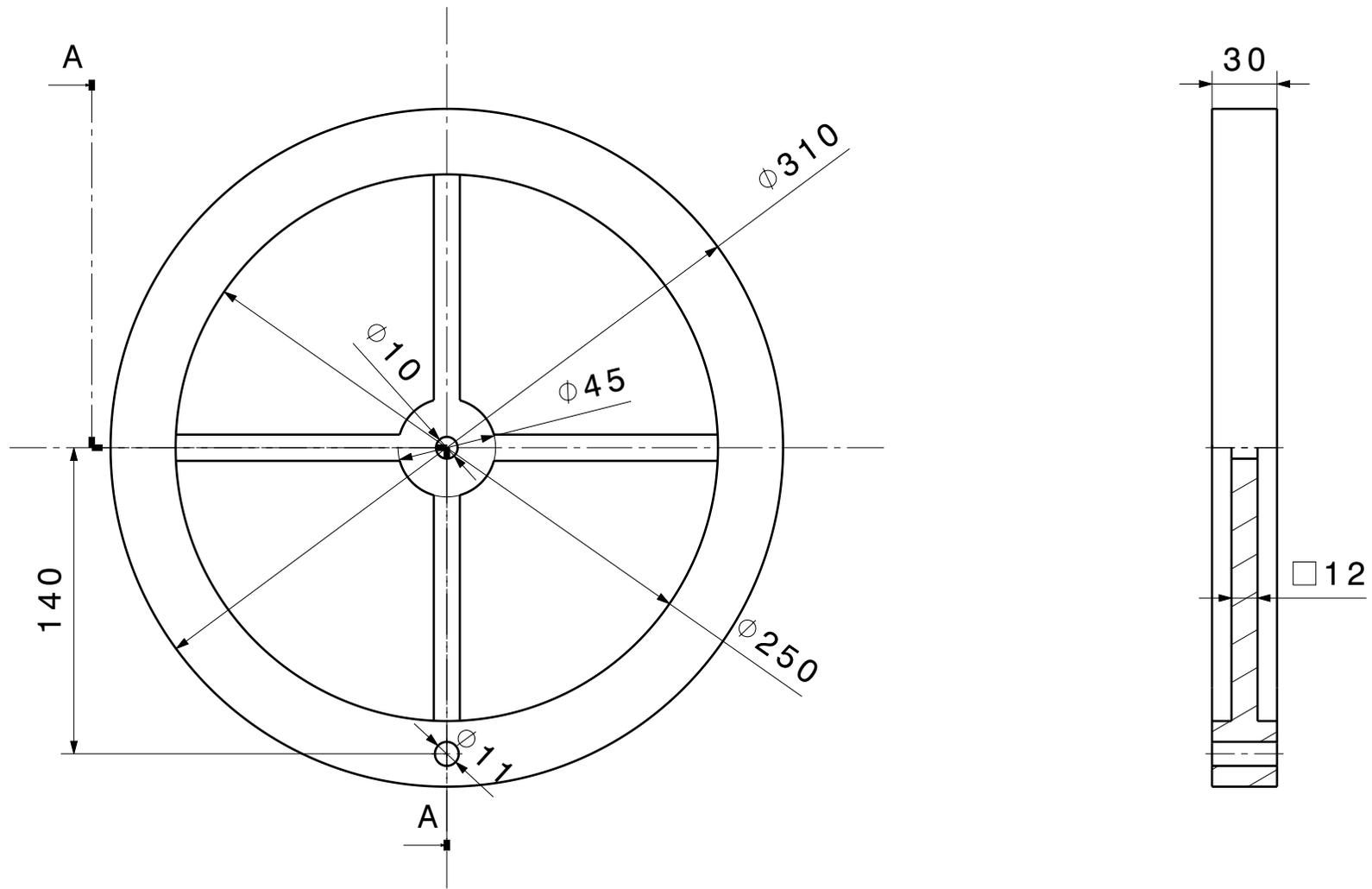
Número de plano	Fecha	Firma	ESCUELA DE INGENIERIAS INGUSTRIALES Grado en Ingeniería Mecánica
0	31/07/2015	Marco Saldaña Rodríguez	
Escala	DESPIECE DE LOS ELEMENTOS DEL MECANISMO		TRABAJO DE FIN DE GRADO
1:4			520



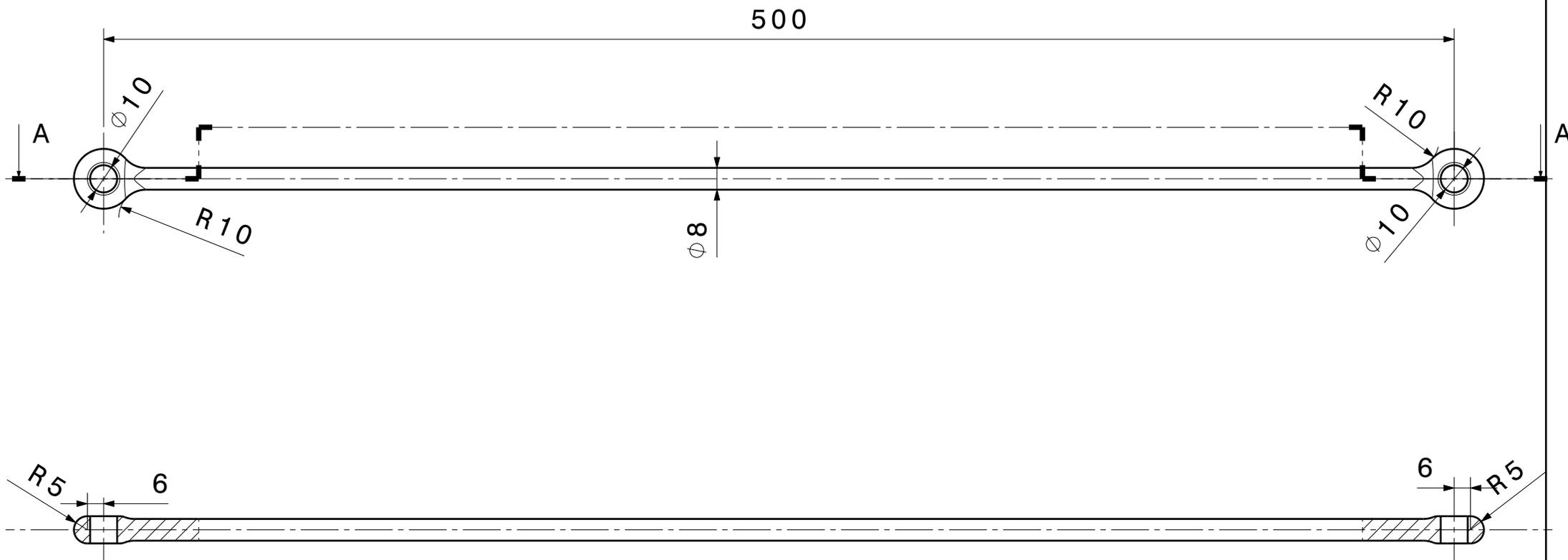
Número de plano	Fecha	Firma	ESCUELA DE INGENIERIAS INGUSTRIALES Grado en Ingeniería Mecánica
1	24/07/2015	Marco Saldaña Rodríguez	
Escala 1:5	BANDEJA		TRABAJO DE FIN DE GRADO 520



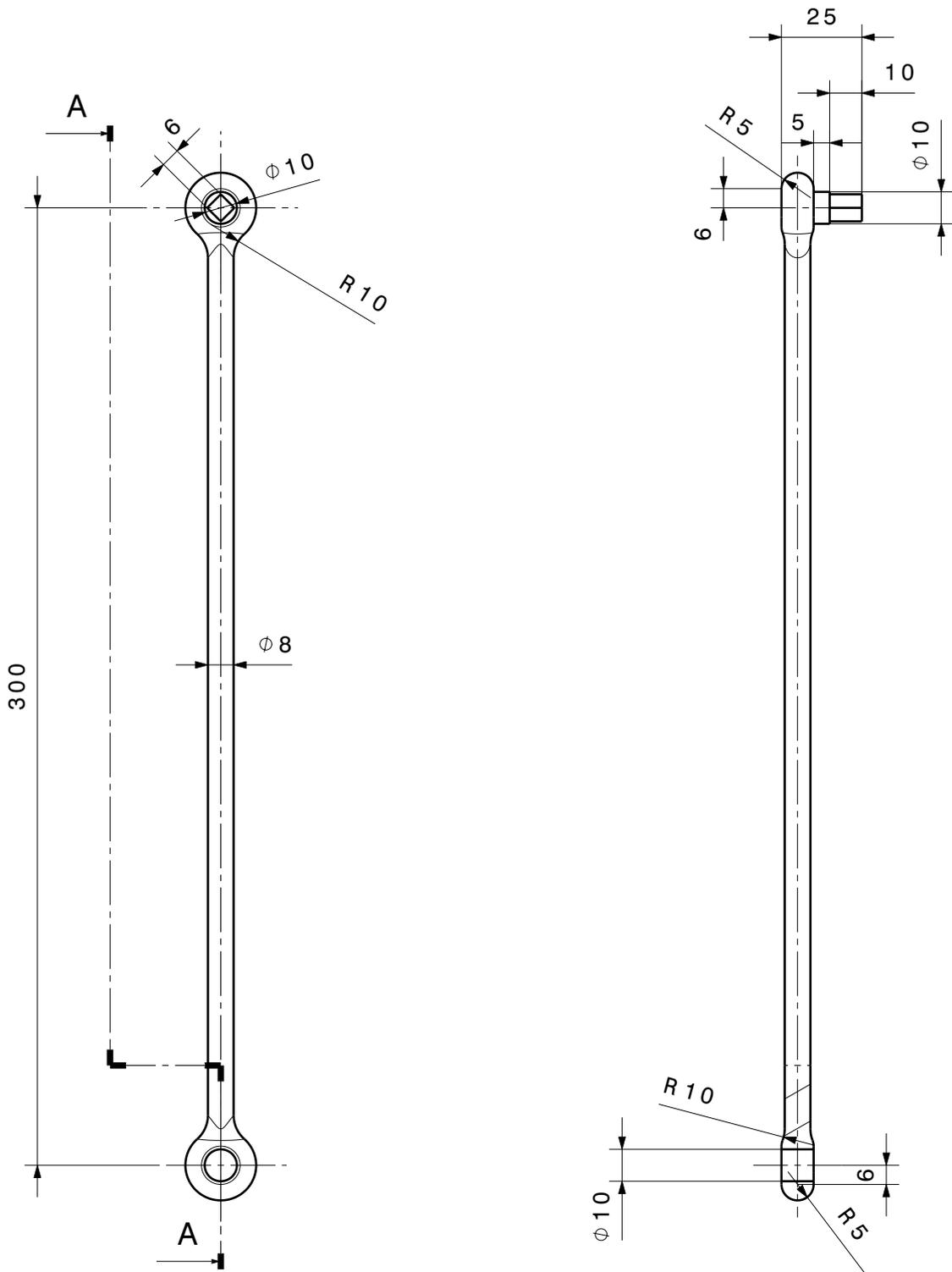
Número de plano	Fecha	Firma	ESCUELA DE INGENIERIAS INGUSTRIALES Grado en Ingeniería Mecánica
2	24/07/2015	Marco Saldaña Rodríguez	
Escala	SEGUNDA BIELA		TRABAJO DE FIN DE GRADO
1:2			520



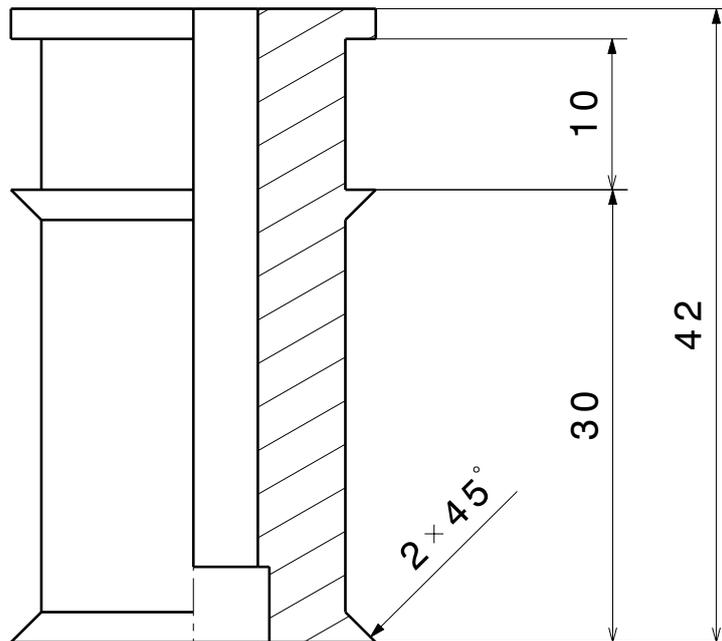
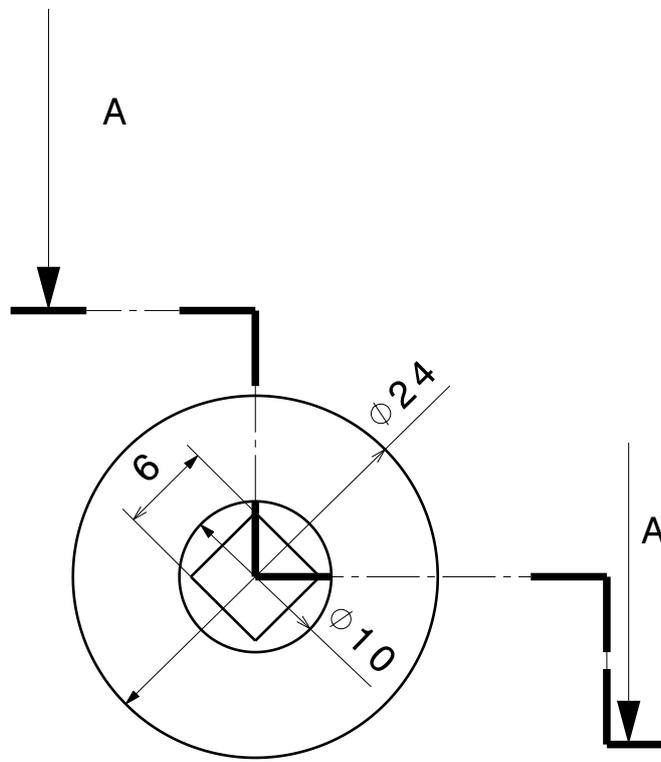
Número de plano	Fecha	Firma	ESCUELA DE INGENIERIAS INGUSTRIALES Grado en Ingeniería Mecánica
3	24/07/2015	Marco Saldaña Rodríguez	
Escala	RUEDA MÓVIL		TRABAJO DE FIN DE GRADO
1:3			520



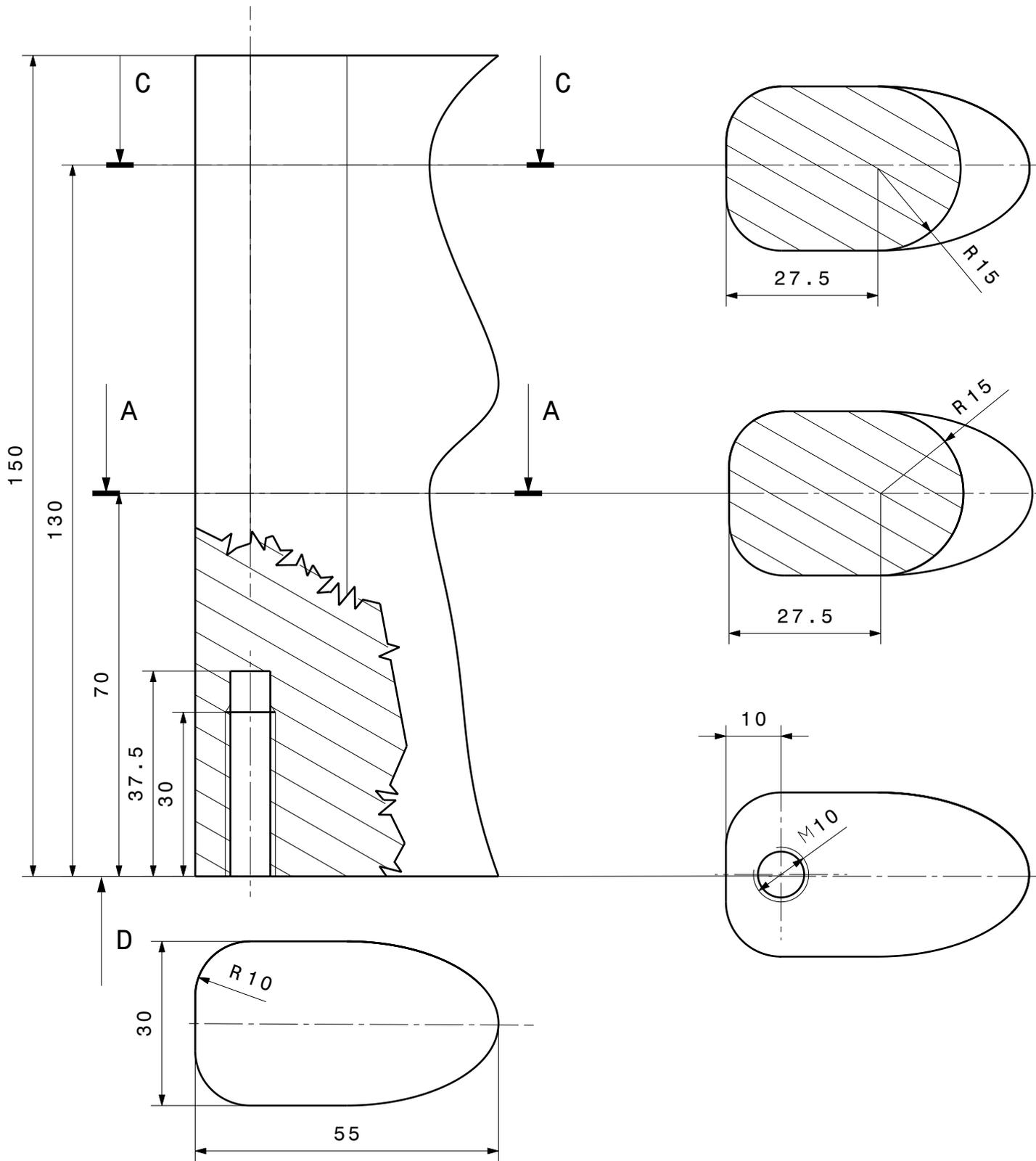
Número de plano	Fecha	Firma	ESCUELA DE INGENIERIAS INGUSTRIALES Grado en Ingeniería Mecánica
4	24/07/2015	Marco Saldaña Rodríguez	
Escala	PRIMERA BIELA		TRABAJO DE FIN DE GRADO
1:2			520



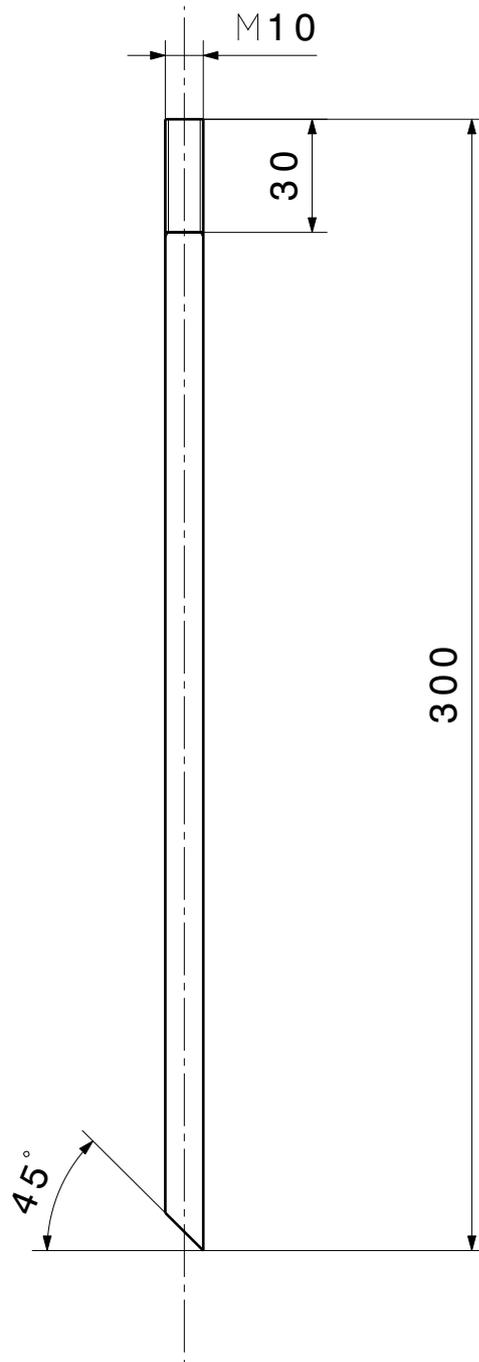
Número de plano	Fecha	Firma	ESCUELA DE INGENIERIAS INGUSTRIALES Grado en Ingeniería Mecánica
5	24/07/2015	Marco Saldaña Rodríguez	
Escala 1:2	BARRA COMPLEMENTARIA DE LA PRIMERA MANIVELA		TRABAJO DE FIN DE GRADO 520



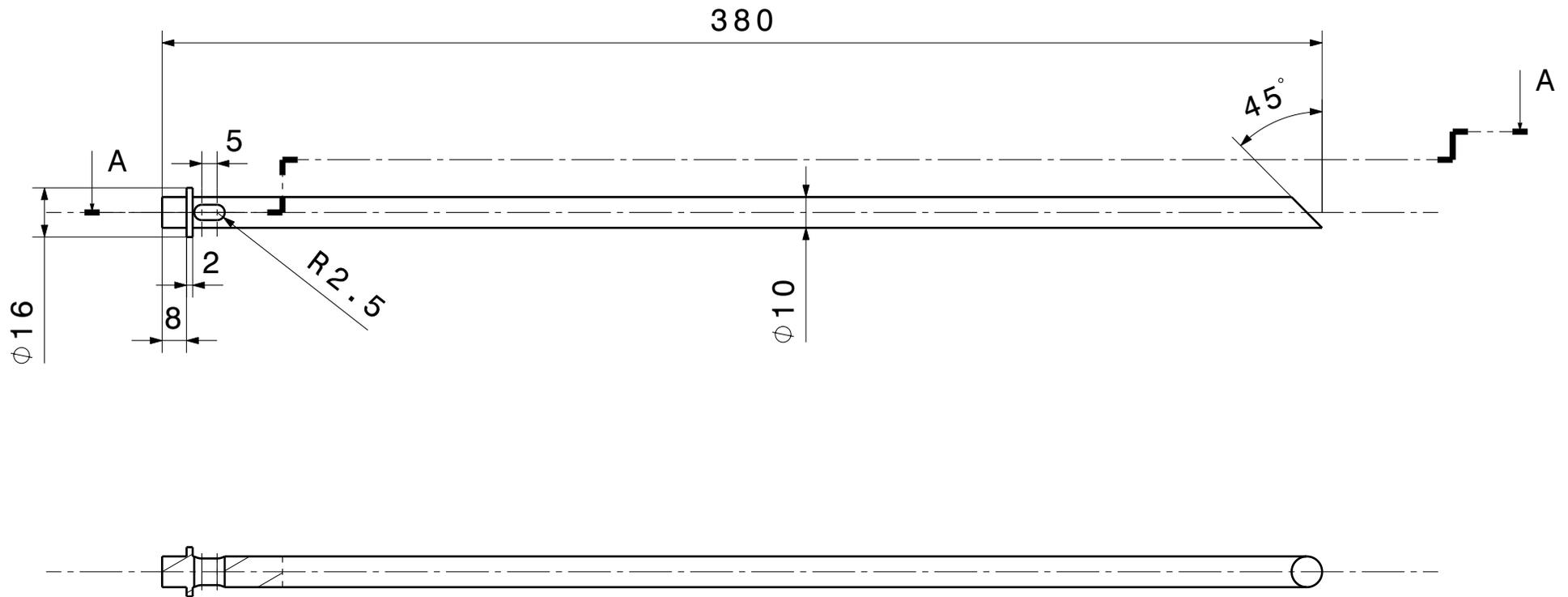
Número de plano	Fecha	Firma	ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES Grado en Ingeniería Mecánica
6	24/07/2015	Marco Saldaña Rodríguez	
Escala 2:1	RUEDA FIJA		TRABAJO DE FIN DE GRADO 520



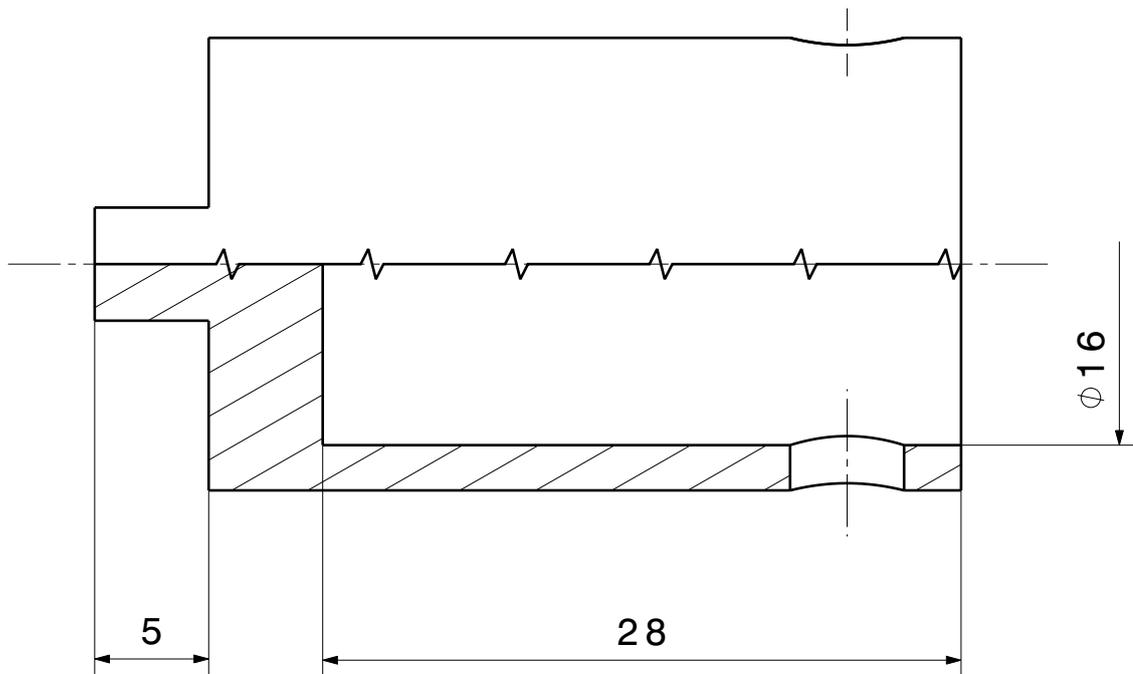
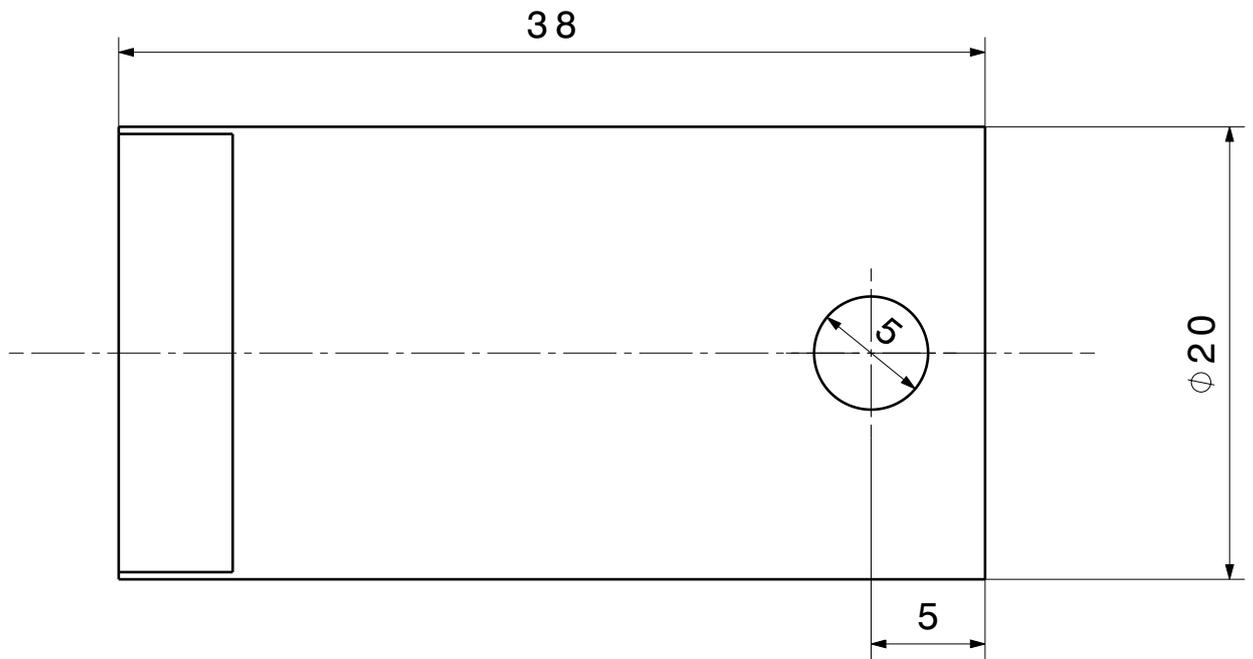
Número de plano	Fecha	Firma	ESCUELA DE INGENIERIAS INGUSTRIALES Grado en Ingeniería Mecánica
7	24/07/2015	Marco Saldaña Rodríguez	
Escala 1:1	MANGO		TRABAJO DE FIN DE GRADO 520



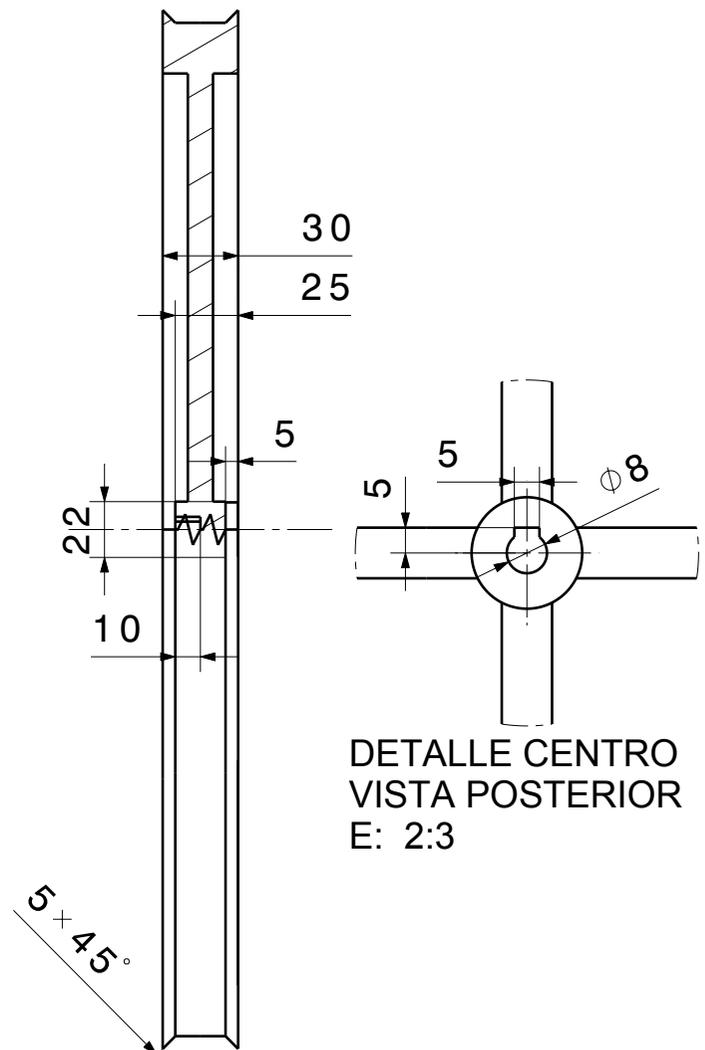
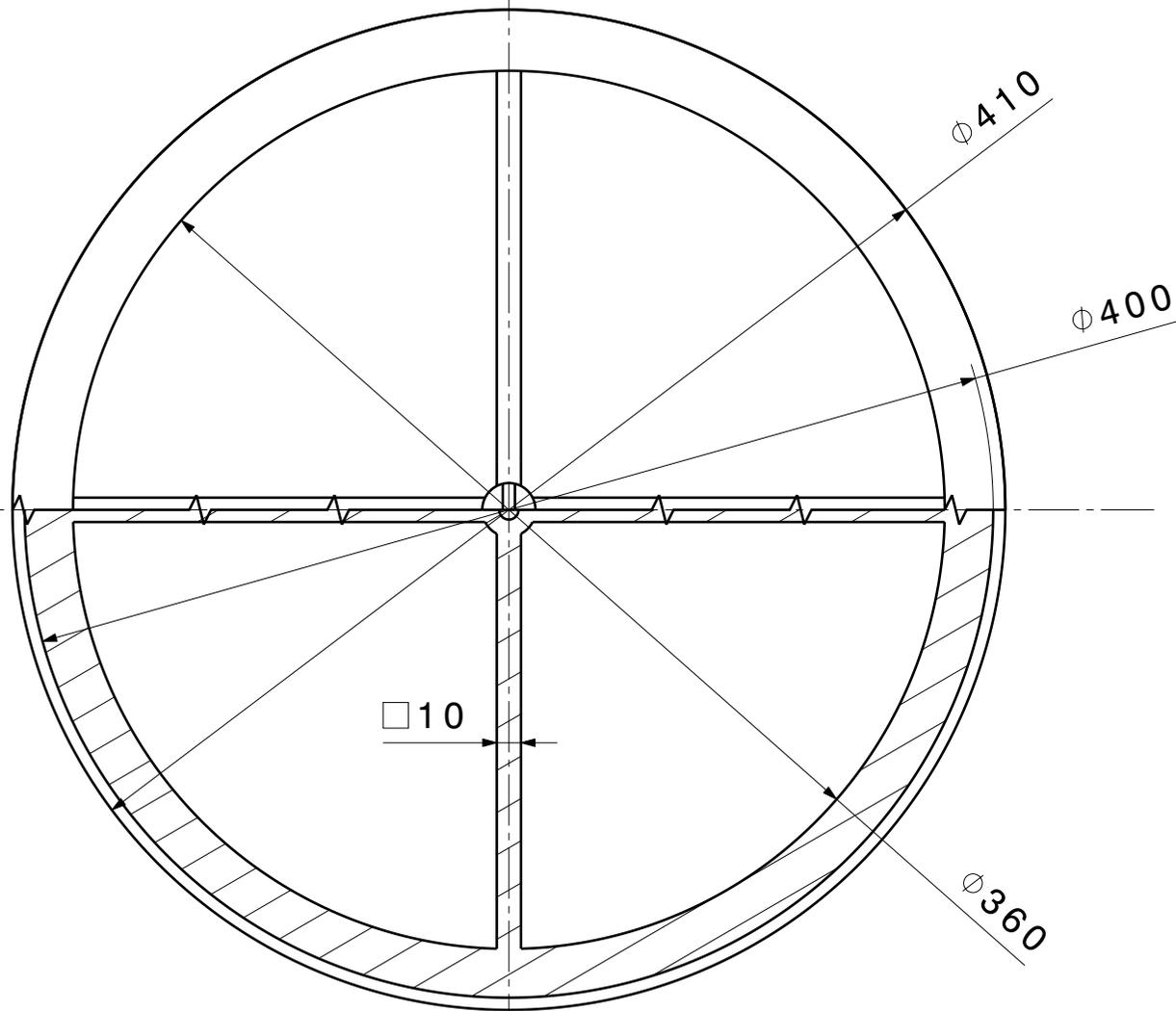
Número de plano	Fecha	Firma	ESCUELA DE INGENIERIAS INGUSTRIALES Grado en Ingeniería Mecánica
8	24/07/2015	Marco Saldaña Rodríguez	
Escala 1:2	BARRA PALANCA		TRABAJO DE FIN DE GRADO 520



Número de plano	Fecha	Firma	ESCUELA DE INGENIERIAS INGUSTRIALES Grado en Ingeniería Mecánica
9	24/07/2015	Marco Saldaña Rodríguez	
Escala	EJE PALANCA		TRABAJO DE FIN DE GRADO
1:2			520

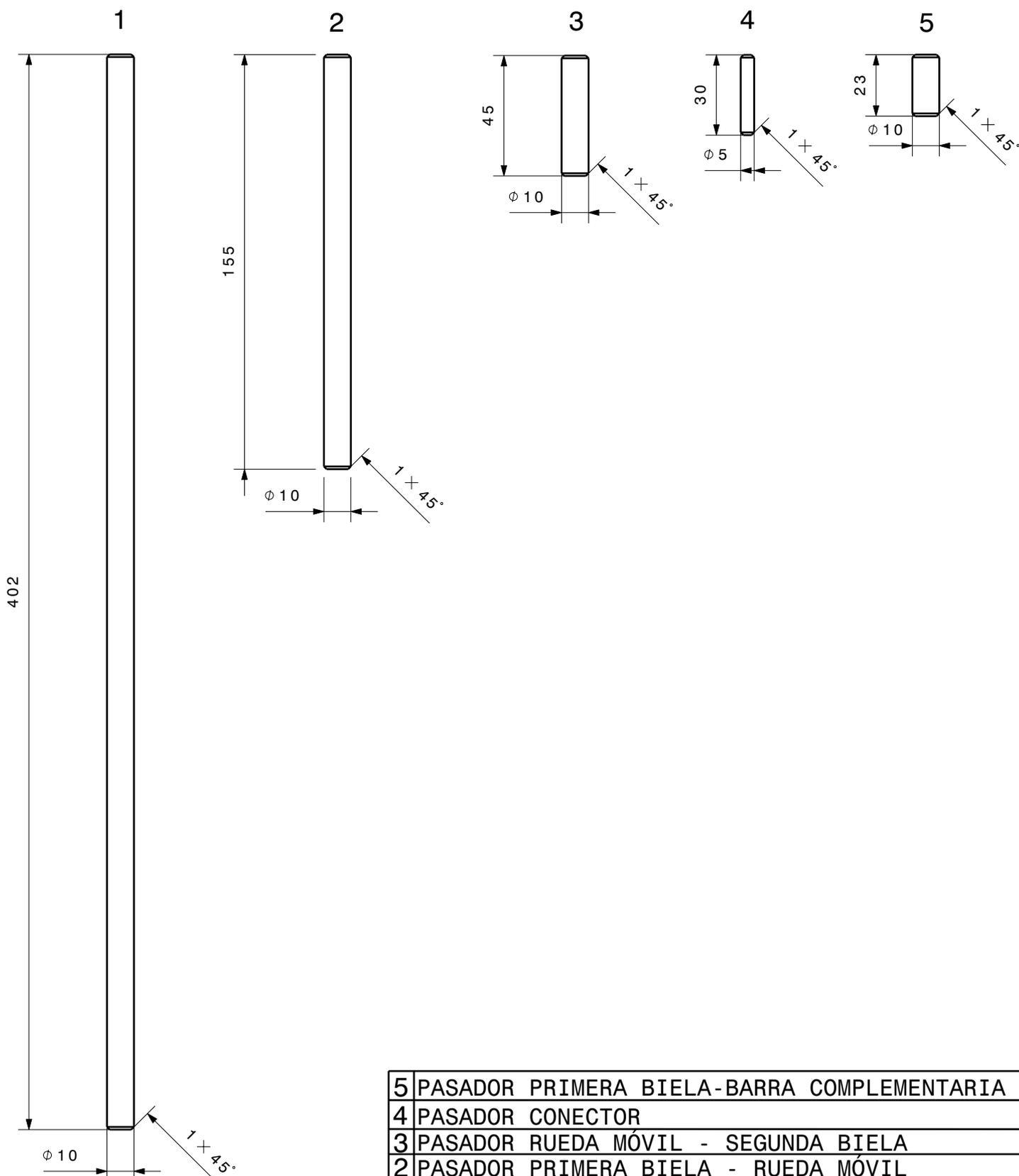


Número de plano	Fecha	Firma	ESCUELA DE INGENIERIAS INGUSTRIALES Grado en Ingeniería Mecánica
10	24/07/2015	Marco Saldaña Rodríguez	
Escala 3:1	CONECTOR EJE-RUEDA PALANCA		TRABAJO DE FIN DE GRADO 520



DETALLE CENTRO
VISTA POSTERIOR
E: 2:3

Número de plano	Fecha	Firma	ESCUELA DE INGENIERIAS INGUSTRIALES Grado en Ingeniería Mecánica
11	24/07/2015	Marco Saldaña Rodríguez	
Escala	RUEDA PALANCA		TRABAJO DE FIN DE GRADO
1:3			520



- 5 PASADOR PRIMERA BIELA-BARRA COMPLEMENTARIA
- 4 PASADOR CONECTOR
- 3 PASADOR RUEDA MÓVIL - SEGUNDA BIELA
- 2 PASADOR PRIMERA BIELA - RUEDA MÓVIL
- 1 EJE BANDEJA

Número de plano	Fecha	Firma	ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES Grado en Ingeniería Mecánica
12	24/07/2015	Marco Saldaña Rodríguez	
Escala	ELEMENTOS DE UNIÓN Y PASADORES		TRABAJO DE FIN DE GRADO 520
1:1			

CONCLUSIONES

El diseño de una pieza o servicio es la fase en la que se concretan la mayoría de los aspectos funcionales y estéticos. Es por ello, la fase en la que menos coste supone realizar cambios y modificaciones. Definir si una pieza o servicio es accesible a cualquier persona supone únicamente incluir en el diseño las hipótesis que lo permitan.

Así, modificar un diseño ya existente o hacer añadiduras es mucho más costoso que asumir las directrices del diseño adaptado y los puntos de vista de personas con diversidad funcional en la fase de diseño.

Por eso, en este trabajo se plantea en principio repensar el contenedor de reciclaje de vidrio con vistas a su total accesibilidad. Al profundizar en el diseño, se modifican únicamente algunos aspectos exteriores y se añade un mecanismo como garantía de uso para cualquier persona.

El mecanismo consiste en una bandeja que se desplaza verticalmente y se fija en dos posiciones: recogida de residuos y vertido. Se acciona mediante una palanca con una fuerza máxima de accionamiento limitada por diseño y con un mango pensado para el uso por cualquier persona.

Manteniendo los orificios existentes en los actuales contenedores de reciclaje de vidrio y añadiendo el mecanismo se posibilita el uso del mismo para una gran cantidad de personas.

Se dejan abiertos algunos sistemas secundarios como aportaciones posibles al diseño, o modificaciones que sirvan para hacer la presente propuesta más válida y útil para todas las personas.

BIBLIOGRAFÍA

Libros.

- J. M. Fernández Navarro, **El vidrio**, Consejo superior de investigaciones científicas. (2003).
- J. Ch. Gateau, **El vidrio**, Ediciones Rufino Torres. (1976).
- P. Beveridge, I. Domenech, E. Pascual, **El vidrio. Técnicas de trabajo en horno**, Editorial Parramón. (2003).
- F. Aragall, **Diseño para todos. Un conjunto de instrumentos**. (2008).
- ONCE, **Accesibilidad para personas ciegas y con deficiencia visual**, ONCE. (2003).

Páginas web.

- ECOVIDRIO.COM (13 de mayo de 2015)
- ECOEMBESES.COM (15 de mayo de 2015)
- DESIGNFORALL.ORG (5 de mayo de 2015)
- UNIVERSALDESIGN.COM (4 de mayo de 2015)
- SOTKON.COM (20 de mayo de 2015)
- THESAL.COM (20 de mayo de 2015)
- CONTENUR.COM (20 de mayo de 2015)
- MMM-SANIMOBEL.COM (21 de mayo de 2015)
- CRISMOL.COM (25 de mayo de 2015)
- WASTE.IDEAL.ES (25 de mayo de 2015)
- FORMATOVERDE.COM (26 de mayo de 2015)
- OVOSOLUTIONS.COM (14 de junio de 2015)
- DINÁMICA.NET (19 de agosto de 2015)
- RECAMBIOSCOCHE.ES (19 de agosto de 2015)

Otras referencias:

- Comisión nacional del medio ambiente-región metropolitana, **Fabricación de vidrio y productos de vidrio**, Santiago, diciembre 1999.

Bibliografía

- **Ministerio de industria y energía, Guías teconológicas. Directiva 96/61 relativa a la prevención y control integrados de la contaminación. Epígrafe 3.3. Fabricación de vidrio, Marzo 2000.**
- **Ayuntamiento de Vélez, Instrucciones técnicas para los trabajos conseguridad en contenedores soterrados, 2014.**