

Trabajo Fin de Grado

DISEÑO Y DESARROLLO DE LOS ELEMENTOS
INTERNOS Y MECANISMOS DE UN
CONTENEDOR DE CARGA VERTICAL

MEMORIA

Autor

David Gundín Melero

Directores

Jorge Aísa Arenaz

Arantza Martínez Pérez

ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA

Año 2016



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD

(Este documento debe acompañar al Trabajo Fin de Grado (TFG)/Trabajo Fin de Máster (TFM) cuando sea depositado para su evaluación).

D./Dª. David Gundín Melero,

con nº de DNI 18452982 - J en aplicación de lo dispuesto en el art.

14 (Derechos de autor) del Acuerdo de 11 de septiembre de 2014, del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba el Reglamento de los TFG y TFM de la Universidad de Zaragoza,

Declaro que el presente Trabajo de Fin de (Grado/Máster) Grado, (Título del Trabajo) Diseño y desarrollo de los elementos internos y mecanismos de un contenedor de carga vertical

es de mi autoría y es original, no habiéndose utilizado fuente sin ser citada debidamente.

Zaragoza, a 20 de Junio de 2016



Fdo: David Gundín Melero

Resumen

Este proyecto plantea el estudio del funcionamiento, el cálculo, el diseño y el desarrollo de los elementos metálicos internos y mecanismos de accionamiento de un contenedor de carga vertical tipo “Iglú”. El proyecto se ha realizado tomando como referencia una campana, unas compuertas y unas tapas de usuario similares a las que se están fabricando en la actualidad, y se han diseñado unos herrajes (denominación común de los elementos metálicos de un contenedor) para éstos elementos de referencia, teniendo en cuenta las consideraciones en el diseño que marca la normativa europea.

Estos herrajes son los encargados de soportar los esfuerzos a los que está sometido un contenedor de carga vertical, pero además permiten la apertura de la tapa de usuario a través de un mecanismo accionado por un pedal. Para dar mayor flexibilidad y completar las demandas actuales, se ha tenido en cuenta el diseño de los herrajes para tres capacidades distintas, ofreciendo así al fabricante la posibilidad de vender todos los contenedores de una isla de recogida separada, teniendo en consideración que alojen papel, envases, vidrio, RSU o materia orgánica.

El trabajo se descompone en varias fases, una primera fase en la que se diseñan y dimensionan cada uno de los elementos encargados de la elevación y la descarga del contenedor, presentando los cálculos utilizados. En la segunda fase de la que se compone este proyecto se realiza un estudio sobre el sistema de descarga de los residuos y por último se tiene una tercera fase en la que se diseña un sistema de apertura de las tapas de usuario que dan acceso a las bocas de admisión.

El sistema escogido permite que el contenedor pueda ir sin pedal, con un pedal o con pedal en ambos lados del contenedor. Como elementos extra que se pueden añadir o no, en el diseño básico de los herrajes, se encuentran unas tapas interiores que sirven de separación entre los herrajes y los residuos.

Por último se realiza una explicación del montaje de manera secuencial, de cada una de las partes, para facilitar el trabajo al operario encargado de dicha labor.

Para el modelado computacional de los herrajes en tres dimensiones y su posterior simulación mecánica de cargas por elementos finitos se ha utilizado el programa PTC CREO 3.0. También se ha utilizado el programa MEFI para la obtención de diagramas de esfuerzos y el paquete OFFICE para realización de tablas, gráficas y redacción completa del Trabajo Fin de Grado.

Índice

1. Introducción.....	Pág. 1
1.1 Objetivo.....	Pág. 1
1.2 Contexto.....	Pág. 1
1.2.1 Definiciones.....	Pág. 1
1.2.2 Ejemplos de recogida separada.....	Pág. 2
1.2.3 Contenedor de carga vertical.....	Pág. 2
1.2.3.1 Funcionamiento.....	Pág. 2
1.2.3.2 Fases en el ciclo de uso	Pág. 3
1.2.3.3 Principales herrajes de un contenedor de carga vertical...	Pág. 4
1.3 Estudio de mercado.....	Pág. 4
1.3.1 Benchmarking.....	Pág. 4
1.3.2 Tendencias de evolución.....	Pág. 5
1.4 Normativa.....	Pág. 5
1.5 Hipótesis de partida.....	Pág. 7
1.5.1 Geometrías dato de las piezas de plástico.....	Pág. 7
1.5.2 Criterios de diseño de los herrajes.....	Pág. 7
2. Diseño y desarrollo de los herrajes.....	Pág. 9
2.1 Diseño inicial y funcionamiento de los herrajes.....	Pág. 9
2.2 Dimensionado de los herrajes de elevación y descarga.....	Pág. 12
2.2.1 Cálculo de las cargas según capacidad y residuo.....	Pág. 12
2.2.2 Reparto de cargas dentro del conjunto.....	Pág. 13
2.2.2.1 Fase de elevación.....	Pág. 13
2.2.2.2 Fase de comienzo de la descarga.....	Pág. 14
2.2.3 Dimensionado del tubo elevador.....	Pág. 15
2.2.4 Dimensionado del tubo central.....	Pág. 16
2.2.5 Dimensionado del refuerzo del techo.....	Pág. 19
2.2.6 Elementos dimensionados a través de los ensayos de conjunto...	Pág. 23
2.2.6.1 Diseño del refuerzo de la esquina y la pletina interior.....	Pág. 23
2.2.6.2 Diseño del soporte de elevación	Pág. 24
2.2.6.3 Diseño de los refuerzos laterales.....	Pág. 24
2.2.6.4 Diseño de los enganches de las compuertas.....	Pág. 25
2.2.6.5 Diseño de los tirantes.....	Pág. 25
2.2.6.6 Diseño del tubo bisagra.....	Pág. 25
2.3 Ensayos de conjunto.....	Pág. 26
2.3.1 Fase de elevación.....	Pág. 26
2.3.2 Fase de comienzo de la descarga.....	Pág. 27
2.4 Lista de elementos y pesos.....	Pág. 28
3. Estudio de la descarga.....	Pág. 29
3.1 Solapa de las compuertas.....	Pág. 29
3.2 Movimiento deseado en la apertura.....	Pág. 29
3.2.1 Casos solución.....	Pág. 29
3.2.2 Maqueta para comprobar cada uno de los casos.....	Pág. 30
3.2.3 Modelado en el ordenador.....	Pág. 31
3.2.3.1 Caso 1.....	Pág. 31
3.2.3.2 Caso 1+2.....	Pág. 32
3.2.3.3 Caso 5.....	Pág. 32
3.2.4 Comparativa entre los casos.....	Pág. 33
3.2.5 Conclusiones de la comparativa.....	Pág. 34
3.3 Reducción del recorrido del tubo elevador.....	Pág. 34
3.3.1 Maqueta con los tetones separados.....	Pág. 34
3.3.2 Modelado en el ordenador.....	Pág. 35
3.3.2.1 Caso con los tetones separados.....	Pág. 35
3.3.2.2 Caso combinación.....	Pág. 35
3.4 Conclusiones finales del estudio.....	Pág. 36
4. Apertura de las tapas de usuario.....	Pág. 39
4.1 Admisión de residuos.....	Pág. 39
4.2 Tipos de tapas de usuario.....	Pág. 39

4.3 Diseño y desarrollo del sistema de apertura.....	Pág. 39
4.3.1 Diseño inicial del mecanismo de apertura.....	Pág. 40
4.3.2 Maqueta de movimiento plano.....	Pág. 40
4.3.3 Modelado en el ordenador.....	Pág. 41
4.3.3.1 Descripción de los elementos.....	Pág. 41
4.3.3.2 Modificaciones en el conjunto.....	Pág. 42
4.3.3.3 Diseño pedal.....	Pág. 42
4.3.3.4 Diseño del actuador del pedal.....	Pág. 42
4.3.3.5 Diseño del tirador de la tapa.....	Pág. 42
4.3.3.6 Diseño del soporte del pedal.....	Pág. 42
4.3.3.7 Conjunto del mecanismo de apertura.....	Pág. 43
4.3.4 Cálculo de fuerzas.....	Pág. 44
4.3.4.1 Equilibrio de fuerzas para la tapa cerrada.....	Pág. 44
4.4 Conclusiones en la apertura.....	Pág. 45
5. Montaje secuencial del conjunto de los herrajes.....	Pág. 47
5.1 Lista de elementos.....	Pág. 47
5.2 Pasos a seguir.....	Pág. 47
5.3 Tapas interiores.....	Pág. 48
6. Conclusiones.....	Pág. 49
6.1 Conclusiones acerca de los herrajes básicos.....	Pág. 49
6.2 Conclusiones de los herrajes para apertura de compuertas.....	Pág. 50
6.3 Conclusiones de los herrajes para apertura de tapas de usuario.....	Pág. 50
6.4 Conclusiones generales.....	Pág. 51
7. Líneas futuras de trabajo.....	Pág. 53
8. Bibliografía.....	Pág. 55

Índice de tablas

Tabla 2.1- Funcionamiento de los elementos de elevación y descarga.....	Pág. 11
Tabla 2.2- Datos de las tres capacidades del iglú.....	Pág. 11
Tabla 2.3-Características del acero utilizado.....	Pág. 12
Tabla 2.4-Cargas a ensayar en cada caso.....	Pág. 13
Tabla 2.5-Reparto de cargas en la fase de elevación.....	Pág. 14
Tabla 2.6- Reparto de cargas en la fase crítica.....	Pág. 15
Tabla 2.7-Peso de los herrajes para los distintos casos de carga.....	Pág. 28
Tabla 3.1-Casos estudiados como posible solución.....	Pág. 30
Tabla 3.2-Comparativa entre los casos.....	Pág. 33
Tabla 4.1-Descripción de los elementos que forman el mecanismo.....	Pág. 41
Tabla 5.1-Lista de elementos.....	Pág. 47
Tabla 6.1-Pesos del conjunto.....	Pág. 49
Tabla 6.2-Datos de interés en la descarga.....	Pág. 50
Tabla 6.3-Datos de interés del mecanismo de apertura de la tapa usuario.....	Pág. 51

1 Introducción

1.1. Objetivo

Este proyecto se ha realizado como Trabajo Fin de Grado de Ingeniería Mecánica, a petición de los directores Jorge Aísa Arenaz y Arantza Martínez Pérez, los cuales me han permitido acudir a la oficina técnica del TIIIP en el departamento de Ingeniería Mecánica del edificio Torres Quevedo, donde he podido disponer de los medios necesarios y aprender colaborando con profesionales del sector.

El objetivo es dar una solución al conjunto de herrajes necesarios para un contenedor de carga vertical tipo "Iglú", que cumpla la normativa europea añadiendo el factor de seguridad correspondiente en cada caso, y que disponga de la posibilidad de añadir un sistema de apertura para las dos tapas de usuario, por separado.

Se pretende obtener un producto competitivo en el mercado, de manera que debe tener una buena relación calidad – precio y además amplitud de gama.

La secuencia de montaje es un factor que se ha tomado en consideración desde el principio, con el fin de conseguir un menor tiempo en el montaje del conjunto, y que siempre se realice de manera correcta.

Metodología

Cada elemento que compone el conjunto se ha diseñado y dimensionado para soportar las cargas a través de la simulación mediante elementos finitos, por ordenador. Los mecanismos internos del contenedor son diseñados en maquetas y posteriormente desarrollados en el ordenador para conseguir el movimiento deseado.

1.2. Contexto

La producción de residuos generados por la sociedad no para de aumentar, y cómo gestionarlos comienza a ser un problema, ya que su almacenaje cerca de la población puede resultar peligroso.

Los servicios de recogida de limpieza son los encargados de gestionar los residuos a través de islas de recogida separada para su posterior reciclado, lo que requiere un elevado grado de concienciación y colaboración ciudadana.

1.2.1 Definiciones

(Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados)

Residuo: cualquier sustancia u objeto que su poseedor deseche o tenga la intención o la obligación de desechar.

Residuos domésticos: residuos generados en los hogares como consecuencia de las actividades domésticas. Se consideran también residuos domésticos los similares a los anteriores generados en servicios e industrias.

Recogida separada: la recogida en la que un flujo de residuos se mantiene por separado, según su tipo y naturaleza, para facilitar un tratamiento específico.

Reciclado: toda operación de valorización mediante la cual los materiales de residuos son transformados de nuevo en productos, materiales o sustancias, tanto si es con la finalidad original como con cualquier otra finalidad. Incluye la transformación del material orgánico, pero no la valorización energética ni la transformación en materiales que se vayan a usar como combustibles o para operaciones de relleno.

1.2.2 Ejemplos de recogida separada

Las islas de recogida separada están formadas por varios contenedores: envases, papel y cartón, vidrio y resto. Para facilitar la selección del contenedor en el que debe ir cada residuo, éstos se diferencian por su color y, en ocasiones por su forma, aunque no existe un código de colores unificado, cada municipio, provincia y estado tiene libertad para decidir.

1.2.3 Contenedor de carga vertical

El contenedor de carga vertical, recibe su nombre por el sistema de elevación utilizado, el cual se hace desde la parte superior.



Fig. 1.1- Elevación de los contenedores, [1]

Este sistema de elevación permite que la descarga se realice a través de la parte inferior del contenedor, lo que mantiene las bocas de admisión más limpias. Para realizar la recogida de los residuos almacenados en un contenedor de carga vertical es necesario disponer de un camión con la caja abierta o en su defecto con un hueco en la parte superior de la caja, para vaciarlos mediante grúa.

1.2.3.1 Funcionamiento

La recogida de los residuos urbanos comienza con su recolección para posteriormente efectuar su traslado a las plantas de tratamiento. Cuando el contenedor se encuentra lleno de residuos es el momento de que pase el camión para realizar el vaciado del contenedor y después colocarlo en el mismo lugar. Los camiones realizan esta labor gracias a una pluma hidráulica como la que se aprecia en la figura:



Fig. 1.2–Sistema de recogida de residuos, [2]

Como accesorio para realizar correctamente la elevación y la descarga suelen llevar un dispositivo que sujetla la parte fija del gancho de elevación y tiene libre el desplazamiento de la parte móvil, a continuación, se muestra un ejemplo de los que ofrece la marca KINSHOFER:

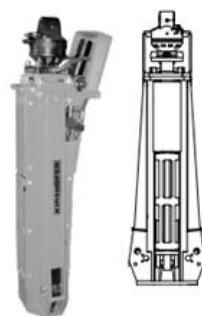


Fig. 1.3-Garra para la seta, [3]

1.2.3.2 Fases en el ciclo de uso

Los contenedores de residuos urbanos tienen un ciclo de uso, el cual se repite durante toda su vida útil. Mediante la siguiente figura se representa esquemáticamente dicho ciclo de uso desglosado en 6 fases:

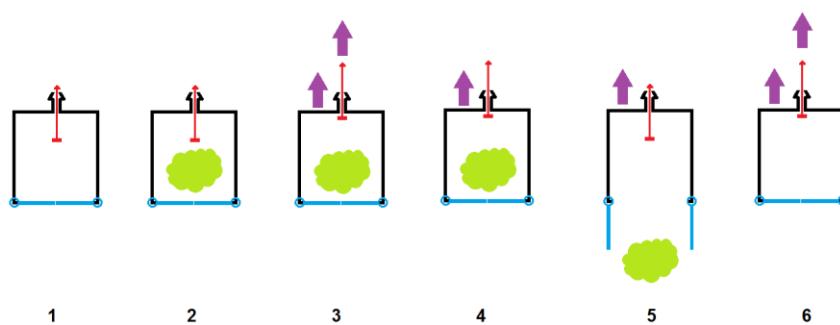


Fig. 1.4- Ciclo de uso

- Fase 1 → Contenedor listo para su uso
- Fase 2 → Contenedor lleno de residuos
- Fase 3 → Trayecto en el que se eleva el contenedor hasta la posición de descarga
- Fase 4 → Instante en el que la seta deja de hacer fuerza y comienza a descender
- Fase 5 → El contenedor ya ha descargado los residuos
- Fase 6 → Se cierran las compuertas y queda listo para su uso

1.2.3.3 Principales herrajes de un contenedor de carga vertical

Para conseguir información sobre los componentes principales que tienen los herrajes en los contenedores actuales, se ha realizado un viaje a la feria internacional de urbanismo y medio ambiente (TECMA). Allí estuvieron los principales fabricantes y comerciantes del sector, exponiendo sus nuevas líneas de negocio donde se pudo observar los principales herrajes de un contenedor de carga vertical.

Se muestran a continuación imágenes tomadas en la feria, y que se encuentran explicadas con detalle en el apartado *1.2.3.3 Principales herrajes de un contenedor de carga vertical* del ANEXO.



Fig.1.5-Kinshofer



Fig. 1.6-Tirantes



Fig. 1.7-Pedal



Fig. 1.8-Compuertas

1.3. Estudio de mercado

1.3.1 Benchmarking

	Empresa	Contenur
Iglú Circular Fig. 3-Iglú 1, [2]	Material cubierta	Poliétileno de alta densidad
	Volumen	2500 y 3000 litros
	Elevación	Gancho doble
	Forma	Forma circular
	Empresa	Contenur
Iglú 3200 Vidrio Fig. 4-Iglú 2, [2]	Material cubierta	Poliétileno de alta densidad
	Volumen	3200 litros
	Elevación	Gancho doble
	Forma	Rectangular
	Empresa	Ecoembes
Iglú Metálico Fig. 5-Iglú 3, [2]	Material cubierta	Metal
	Volumen	3000 litros
	Elevación	Gancho doble
	Forma	Rectangular

Fig. 1.9-Ejemplo tabla benchmarking

Se investigan en el mercado los principales fabricantes, para conocer los productos que se encuentran en la actualidad y así conocer el estado del arte. Se analiza, a través de la web, un número suficiente de contenedores de carga vertical tipo "iglú" para completar la información que falta por conocer.

El objetivo principal de este estudio de mercado es minimizar los riesgos del producto, al asegurar que éste se adapta a las necesidades reales del cliente, además de conocer a los posibles competidores del sector.

Se muestra un ejemplo de tabla del Benchmarking realizado, y que se encuentra ampliada en el apartado *1.3.1 Benchmarking* del ANEXO.

La mayor parte de los fabricantes utilizan el sistema Kinshofer o el gancho doble, para la elevación de los contenedores. Respecto a la capacidad, casi siempre están por encima de los 2000 litros y además suelen ofrecer el mismo contenedor en varias capacidades.

1.3.2 Tendencias de evolución

También se han encontrado varias tendencias que los principales fabricantes están incorporando a sus contenedores, unas con mayor aceptación que otras como contenedores con sistemas electrónicos de control de llenado, contenedores adaptados a discapacitados, etc. Este apartado se encuentra detallado en 1.3.2. *Tendencias de evolución* del ANEXO.

1.4. Normativa

Para conseguir un producto que sea posible vender dentro del mercado europeo se ha tomado en consideración los requisitos exigidos por la normativa europea. De la norma **UNE-EN 13071-1:2008** “Contenedores fijos de residuos con capacidad hasta 5000 l, elevados por la parte superior y vaciados por la parte inferior”, se detallan a continuación los puntos relacionados con el diseño y desarrollo de los herrajes objeto de este TFG:

- Los bordes externos al contenedor no pueden ser cortantes, por lo que todos los elementos que se encuentran fuera de la carcasa (como el pedal, los refuerzos de la esquina y el gancho de elevación) tienen redondeos con un radio mayor a 1.4 mm.
- El peso total del contenedor con todos sus elementos no debe exceder de 2500 Kg.
- Para el dimensionado de los elementos se toma como densidad 0.1 Kg/dm³ para los envases y una densidad de 0.4 Kg/ dm³ para papel y cartón, RSU, materia orgánica y vidrio.
- La conexión del dispositivo de elevación se debe situar de modo que, cuando el contenedor está vacío y la compuerta de vaciado se encuentra cerrada, el contenedor debe estar suspendido verticalmente.
- El contenedor se debe diseñar de modo que mientras dura la operación de vaciado en ningún momento se produzca el vertido de residuos.

Para validar el contenedor ha de superar una serie de ensayos experimentales para comprobar su funcionamiento y su resistencia antes de ser puesto en el mercado, la norma exige estos ensayos:

Referencia	Ensayo	Orden de ensayos
6.4	Medición del nivel sonoro	1
6.2.1	Ensayo de estabilidad (contenedor vacío)	2
6.2.2	Impactos interiores (contenedor vacío)	3
6.2.3	Ensayo de caída libre (contenedor vacío)	4
6.2.4	Resistencia del techo	5
6.3.1	Impactos exteriores (contenedor cargado)	6
6.3.2	Dispositivo de vaciado (contenedor cargado)	7
6.3.3	Dispositivo de elevación (contenedor cargado)	8
6.5	Corrosión	Muestras/ejemplares específicos
6.6	Exposición a la intemperie	Muestras/ejemplares específicos

Fig. 1.10-Ensayos. [4]

El alcance del proyecto no incluye la revisión de todos los ensayos, pero si debemos tener en consideración los siguientes para el diseño de cada una de las partes:

Ref. 6.3.2 Dispositivo de vaciado / Sistema de cierre

Después del ensayo, los dispositivos de apertura y cierre deben permanecer completamente operativos y no deben presentar disfunción cuando el contenedor se eleva y se sustituye. Carga de ensayo = volumen nominal x densidad del residuo x 1.5

Método: Etapa 1

El contenedor se suspende por el dispositivo de elevación. La carga de ensayo se asegura al dispositivo de vaciado. El contenedor se eleva, se quita el seguro del dispositivo de vaciado, se permite la apertura parcial del dispositivo de vaciado hasta los 150 mm desde la posición cerrada, se cierra el dispositivo de cierre y el contenedor se vuelve a colocar en su posición según las hojas de datos del fabricante. Para los dispositivos de doble vaciado la medición se aplica verticalmente. La posición de la carga de ensayo no debe entorpecer el cierre y la apertura del dispositivo de vaciado. La secuencia se repite 200 veces.

Método: Etapa 2

Se retira la carga de ensayo y se activa el dispositivo de cierre 50 veces. El contenedor se eleva hasta una posición de una altura suficientemente tal, que para cada ensayo el dispositivo de vaciado pueda abrirse y oscilar libremente sin obstáculo.

Ref. 6.3.3 Resistencia mecánica de los componentes de elevación

Al final de la etapa 1, no se debe permitir ningún abombamiento permanente, deformación permanente o inicio de rotura. Carga de ensayo = volumen nominal x densidad del residuo x 2.5.

Al final de la etapa 2, se permite el abombamiento / la deformación permanente, incluso si es significativa, esto no incluye la rotura / agrietado

del dispositivo de elevación o de los componentes de su estructura. Carga de ensayo = volumen nominal x densidad del residuo x 3.5.

Método:

En cada etapa la carga de ensayo se coloca de modo que la resistencia del dispositivo de elevación y la estructura del contenedor se ensayan con efectividad. El método para asegurar la carga de ensayo al contenedor se debe registrar en el informe de ensayo. Se debe proporcionar la misma descripción para los distintos componentes de la carga de ensayo y su distribución.

Cada paso debe llevarse a cabo de manera gradual, esto implica mantener la carga de ensayo en el contenedor durante el periodo de cuatro a seis minutos y después retirarla. Los periodos de aplicación y retirada vienen a ser aproximadamente iguales y de un valor inferior a 100 Kg/s.

1.5. Hipótesis de partida

1.5.1 Geometrías dato de las piezas de plástico

En consecuencia, al estudio de mercado, se toman varias decisiones que debe cumplir el iglú a desarrollar:

Se ofrecerán en 3 capacidades: 3600 litros, 2800 litros y 2100 litros y cada capacidad podrá alojar distintos tipos de residuos, en consecuencia, los herrajes de cada capacidad deben estar dimensionados para alojar los distintos tipos de residuos que comprende una isla de recogida separada.

A partir de las decisiones tomadas en el estudio de mercado y de las condiciones en el diseño dadas por la normativa, y con los datos y geometría manejados habitualmente se modelan una campana, unas compuertas y unas tapas de usuario arbitrarias, que no son objeto de desarrollo en este TFG. Sin embargo, sí que son necesarias para el correcto dimensionado de todos los herrajes interiores del iglú, así como para los estudios FEM de resistencia que posteriormente se detallarán en la memoria:

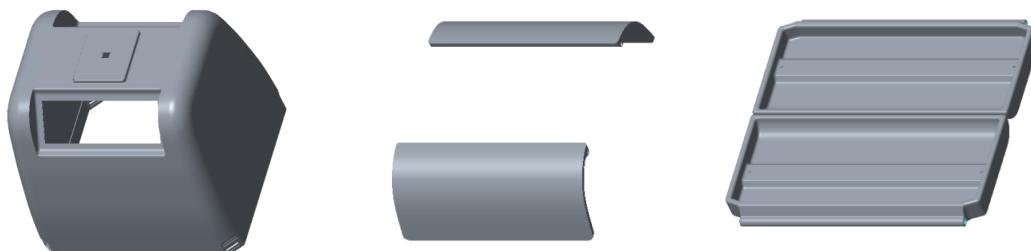


Fig. 1.11-Partes plásticas

1.5.2 Criterios de diseño de los herrajes

En primera instancia, tras estudiar su funcionamiento y la geometría de la que se dispone se toman unas condiciones de diseño que se deben de cumplir.

1-Se tiene en cuenta siempre las dimensiones de la campana y de las compuertas dadas como referencia, para comenzar el diseño de los elementos.

2-Todos los perfiles y tubos utilizados son escogidos del catálogo de productos de la empresa HIESCOSA (hierros especiales comercializados S.A.) que se encuentra ubicada en Leganés, Madrid.

3-Todos los herrajes excepto los ganchos de elevación, los refuerzos de la esquina y el pedal de apertura de la tapa usuario, deben encontrarse en el interior del contenedor, de forma que no perjudiquen la estética exterior.

4-El iglú debe ser autoportante, es decir, la campana exterior de plástico no es la encargada de soportar los esfuerzos de su uso, sólo es la encargada de cubrir los herrajes.

5-Los ganchos de elevación son elementos estandarizados, es decir, no se modificarán geométricamente para que el camión que vaya a realizar la descarga no tenga problemas con el amarre del contenedor debido a incompatibilidades con su brazo hidráulico.

6-Su distribución de peso debe ser simétrica, para que quede equilibrado el contenedor una vez se encuentre suspendido en el aire.

7-Se ha decidido ofrecer la opción de colocar una tapa de separación entre los residuos y los mecanismos internos. Esta tapa debe estar lo más cerca posible de los laterales para “perder” el menor volumen aprovechable posible, por tanto, los elementos de apertura de las compuertas y las tapas de usuario deben alojarse entre las tapas y las paredes laterales del contenedor.

8-No se debe disminuir la capacidad de alojar lixiviados que tienen las compuertas originales por la adición de elementos en esa zona, ya que esta característica es muy observada en el mercado por los demandantes, a la hora de escoger un contenedor u otro.

9- El material utilizado para la fabricación de estos herrajes es el acero debido a sus buenas características mecánicas y su adecuado precio. Las características de este acero se detallan más adelante en la tabla 2.3.

2. Diseño y desarrollo de los herrajes

2.1. Diseño inicial y funcionamiento de los herrajes

En esta fase del proyecto se realiza el diseño y dimensionado de los herrajes con los que cuenta dicho iglú. Para facilitar la comprensión del conjunto se avanza una imagen con cada uno de los elementos que lo conforman, indicando su posición una vez se ha realizado el montaje:

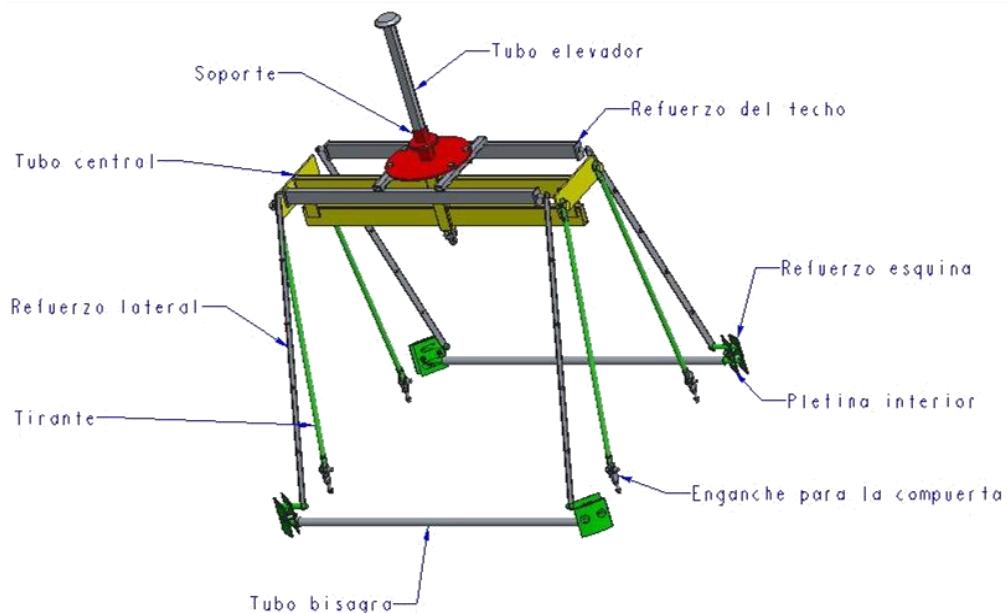
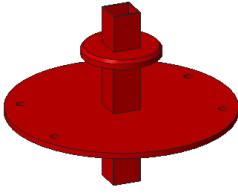
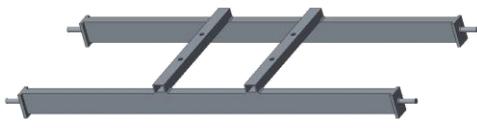
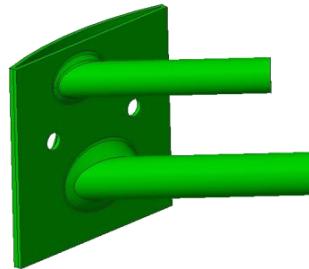


Fig. 2.1-Conjunto de herrajes

En la imagen se han ocultado las piezas de plástico ya que se toman como dato, y no son el objetivo del presente TFG.

A continuación, se muestra una explicación del funcionamiento de cada uno de los elementos que forman el conjunto de los herrajes de elevación y descarga.

Tubo elevador	Este elemento se une al tubo central (ver más adelante), al que transmite el movimiento vertical ascendente y descendente.	
Soporte Kinshofer	Este elemento se encuentra unido a la campana de plástico, de esta forma porta todo el contenedor. Se utiliza para que el camión pueda sujetar dicho contenedor a través de unas garras adecuadas para ello. Además, sirve de guía para el movimiento del tubo elevador.	

<p>Refuerzo del techo</p> <p>Este elemento se encuentra unido al soporte, haciendo sándwich con la campana. Se encarga de recibir los esfuerzos del conjunto, además ayuda a reforzar y rigidizar todo el contenedor para hacer que la campana apenas trabaje (haga sólo de envoltura), y sea capaz de recibir los esfuerzos de tal manera que, si está correctamente dimensionado, hace que se pueda cumplir la normativa europea.</p> <p>Esto es así gracias a los refuerzos laterales que cuelgan de él y que conectan con las esquinas y los ejes de las compuertas.</p>	
<p>Refuerzo lateral</p> <p>El refuerzo lateral está formado por cuatro elementos iguales, uno por cada una de las esquinas, éstos ayudan a transmitir los esfuerzos desde la parte inferior del contenedor.</p>	
<p>Refuerzo de la esquina</p> <p>Se coloca un refuerzo en cada una de las esquinas, con el fin de transmitir los esfuerzos que vienen a través del tubo bisagra, hacia los refuerzos laterales. Están formados por una chapa curva para mantener la estética exterior del contenedor, y otra chapa plana a la cual van soldados un cilindro macizo (parte superior) y un tubo cilíndrico (parte inferior).</p>	
<p>Pletina interior</p> <p>Se coloca una chapa plana, independiente del refuerzo de la esquina. Sirve para reforzar el herraje. Éste elemento lleva soldadas dos tuercas que sirven para hacer sándwich con el zócalo de la campana a través de unos tornillos, lo que facilita el montaje.</p>	
<p>Tubo bisagra</p> <p>Es el tubo que se encuentra embebido en los extremos de la compuerta y que hará las veces de eje de giro de la misma, usado como elemento que completa el mecanismo al herraje de cada una de las esquinas.</p>	

Tubo central	
Es el elemento encargado de sujetar los cuatro tirantes que sirven para realizar la apertura de las compuertas. El tubo elevador es pasante a través de este elemento. Cuando el tubo elevador sube, hace subir también al tubo central gracias a un tope que impide el desplazamiento entre ambos componentes.	
Tirantes	
De cada extremo del tubo central, parten dos tirantes, que a su vez, irá cada uno de ellos a su correspondiente compuerta.	
Enganches de las compuertas	
Los enganches de las compuertas son los encargados de unir los tirantes con la compuerta. Tienen un macho roscado con el que atornillarse y un alojamiento para unirse al tirante.	

Tabla 2.1- Funcionamiento de los elementos de elevación y descarga

El conjunto de los herrajes se ha organizado en tres grupos, según su posibilidad de adaptación a las distintas capacidades ofrecidas en el iglú, además de los distintos residuos que pueden alojar. Los grupos son: Elementos comunes, Elementos similares y Elementos singulares.

Elementos comunes: Herrajes del contenedor comunes en tamaño y forma a todas las capacidades:

- Tubo elevador
- Soporte
- Tirantes
- Refuerzos laterales
- Refuerzo esquina
- Pletina interior
- Enganches de las compuertas

Elementos similares: Herrajes que mantienen su forma, pero no su anchura, ya que se adaptan a la capacidad del iglú.

Volumen	Anchura
3600 litros	1736 mm
2800 litros	1350 mm
2100 litros	1013 mm

Tabla. 2.2- Datos de las tres capacidades del iglú

- Tubo bisagra

Elementos singulares: elementos que varían tanto en forma como en anchura, ya que se han dimensionado en función de la capacidad y la carga que soportara el iglú.

- Refuerzo del techo
- Tubo central

2.2. Dimensionado de los herrajes de elevación y descarga

En esta fase del TFG se van a trabajar algunos de los elementos de manera aislada, y una vez predimensionados, se realizarán los ensayos de conjunto de todos los herrajes como comprobación. En el conjunto se realiza el ensayo de dos fases:

-Fase de elevación: esta fase ocurre en el momento en el que el contenedor se encuentra lleno de residuos y se eleva del suelo para realizar el vaciado de los mismos, manteniendo las compuertas cerradas.

-Fase de comienzo de la descarga: esta fase ocurre una vez que el contenedor se encuentra elevado en la posición deseada para descargar los residuos y justo comienza a descender el tubo elevador para abrir las compuertas.

En las simulaciones resistentes se toma un límite de 350 MPa para considerar admisible el estado de cargas de cada elemento, aunque el límite elástico del acero escogido es de 400 MPa, de esta forma se le añade un factor de seguridad de 1.15, adicional a los coeficientes de seguridad indicados en la norma. En cuanto a la rigidez se ha tomado como requisito en el diseño que los desplazamientos máximos en los elementos, tomados de manera individual, no superen los 15 milímetros. El material utilizado para la fabricación de todos los elementos es el acero.

Acero	
Módulo elástico	210000 MPa
Coeficiente de Poisson	0.3
Densidad	7850 Kg / m ³
Límite elástico	400 MPa

Tabla 2.3-Características del acero utilizado

2.2.1 Cálculo de cargas según capacidad y residuo

Para realizar un correcto dimensionado de cada uno de los elementos se presentan los cálculos utilizados para la simulación de las cargas. Cada uno de los casos corresponde a una capacidad distinta del contenedor y de residuos alojados.

Residuos pesados ($\rho = 0.4 \text{ Kg} / \text{dm}^3$): papel, vidrio, materia orgánica y restos.

Residuos ligeros ($\rho = 0.1 \text{ Kg} / \text{dm}^3$): envases ligeros.

V_n = volumen nominal; ρ = densidad del residuo; g = gravedad

Cargas a ensayar en cada uno de los casos		
Caso A	Masa = $V_n \times \rho$	$3600 \text{ litros} \times 0.4 \text{ Kg/dm}^3 = 1440 \text{ Kg}$
	Fuerza = Masa x g	$1440 \text{ Kg} \times 10 \text{ N/Kg} = 14400 \text{ N}$
Caso B	Masa = $V_n \times \rho$	$3600 \text{ litros} \times 0.1 \text{ Kg/dm}^3 = 360 \text{ Kg}$
	Fuerza = Masa x g	$360 \text{ Kg} \times 10 \text{ N/Kg} = 3600 \text{ N}$
Caso C	Masa = $V_n \times \rho$	$2800 \text{ litros} \times 0.4 \text{ Kg/dm}^3 = 1120 \text{ Kg}$
	Fuerza = Masa x g	$1120 \text{ Kg} \times 10 \text{ N/Kg} = 11200 \text{ N}$
Caso D	Masa = $V_n \times \rho$	$2800 \text{ litros} \times 0.1 \text{ Kg/dm}^3 = 280 \text{ Kg}$
	Fuerza = Masa x g	$280 \text{ Kg} \times 10 \text{ N/Kg} = 2800 \text{ N}$
Caso E	Masa = $V_n \times \rho$	$2100 \text{ litros} \times 0.4 \text{ Kg/dm}^3 = 840 \text{ Kg}$
	Fuerza = Masa x g	$840 \text{ Kg} \times 10 \text{ N/Kg} = 8400 \text{ N}$

Tabla 2.4-Cargas a ensayar en cada caso

En los cálculos y posteriormente en el dimensionado, no se ofrece el contenedor de 2100 litros para alojar residuos ligeros (envases), dado que en la práctica esto supondría tener una velocidad demasiado alta de llenado.

Esta decisión se ha tomado tras revisar las estadísticas facilitadas por el Instituto Nacional de Estadística sobre la cantidad per cápita de residuos recogidos por periodo, comunidades autónomas y clases de residuos, ofrecidas en su página web.

Se muestra el estudio detallado en el apartado 2.2.1 *Cálculo de cargas según capacidad y residuo* del ANEXO.

2.2.2 Reparto de cargas dentro del contenedor

En este apartado se va a calcular el reparto de cargas dentro del conjunto de herrajes, para cada caso de ensayo, tanto para la fase de elevación como para la fase de comienzo de la apertura.

2.2.2.1 Fase de elevación

Se ha simplificado la compuerta semejándola a una barra que recibe una carga uniformemente distribuida equivalente a la carga que recibe cada compuerta. Esta barra está apoyada en un extremo (tubo bisagra) y en una zona intermedia (enganche de la compuerta).

Equilibrio global: la carga de los residuos es compensada por las reacciones en los apoyos, de manera que el conjunto se mantiene estático.

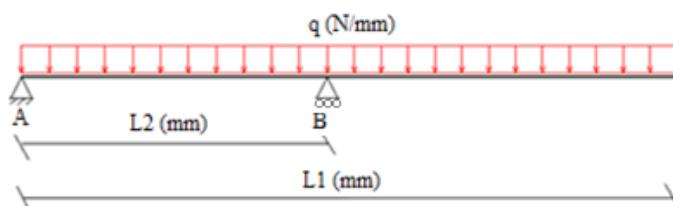


Fig. 2.2-Equilibrio global de la fase de elevación

$$\sum F_x = 0 ; R_{Ax} = R_{Bx} = 0$$

$$\sum F_y = 0 ; R_{Ay} + R_{By} - qL_1 = 0 ; R_{Ay} = qL_1 - R_{By}$$

$$\sum M^A_z = 0; (R_{By}L_2) - \left(qL_1 \frac{L_1}{2} \right) = 0 ; R_{By} = \frac{qL_1^2}{2L_2}$$

$$R_{By} = \frac{qL_1^2}{2L_2} ; R_{Ay} = q(L_1 - \frac{L_1^2}{2L_2})$$

La posición de los enganches en la compuerta se toma según los resultados obtenidos en el estudio de la descarga que se explica posteriormente en el apartado 3.3.2.2 Caso combinación, retrasar enganches y separar tetones del tubo central.

La longitud de la compuerta también es dato.

$$L1 = 750 \text{ mm}; L2 = 350 \text{ mm}$$

Con las ecuaciones sacadas anteriormente y las dimensiones, se obtiene el factor de reparto para cada punto:

$$Ry_b = 803.57 \times q$$

Fuerza en A = - 0.0714 x Fuerza total

$$Ry_a = -53.57 \times q$$

Fuerza en B = 1.0714 x Fuerza total

Conociendo la carga que tiene que soportar el contenedor según su capacidad y residuo, y también como se reparte dicha carga en el conjunto, se le añade un factor de seguridad de 3.5 para asegurar que siempre cumpla los ensayos dictados por la normativa europea. Los resultados se exponen en la siguiente tabla:

Caso A	$F = 14400 \text{ N} \times 3.5 = 50400 \text{ N}$
	$Ry_a = 50400 \text{ N} \times (- 0.0714) = -3600 \text{ N}$
	$Ry_b = 50400 \text{ N} \times 1.0714 = 54000 \text{ N}$
Caso B	$F = 3600 \text{ N} \times 3.5 = 12600 \text{ N}$
	$Ry_a = 12600 \text{ N} \times (- 0.0714) = - 900 \text{ N}$
	$Ry_b = 12600 \text{ N} \times 1.0714 = 13500 \text{ N}$
Caso C	$F = 11200 \text{ N} \times 3.5 = 39200 \text{ N}$
	$Ry_a = 39200 \text{ N} \times (- 0.0714) = - 2800 \text{ N}$
	$Ry_b = 39200 \text{ N} \times 1.0714 = 42000 \text{ N}$
Caso D	$F = 2800 \text{ N} \times 3.5 = 9800 \text{ N}$
	$Ry_a = 9800 \text{ N} \times (- 0.0714) = - 700 \text{ N}$
	$Ry_b = 9800 \text{ N} \times 1.0714 = 10500 \text{ N}$
Caso E	$F = 8400 \text{ N} \times 3.5 = 29400 \text{ N}$
	$Ry_a = 29400 \text{ N} \times (- 0.0714) = - 2100 \text{ N}$
	$Ry_b = 29400 \text{ N} \times 1.0714 = 31500 \text{ N}$

Tabla 2.5-Reparto de cargas en la fase de elevación

2.2.2.2 Fase de comienzo de la descarga

Esta fase ocurre en el momento crítico en el que el camión deja de ejercer fuerza sobre el tubo elevador, pero éste todavía no se ha movido. Lo que realmente diferencia ésta fase desde el punto de vista del contenedor es que el tubo elevador, el tubo central y los tirantes dejan de actuar, de forma que el resto de elementos del

conjunto deben soportar toda la carga. En esta fase, y como aproximación, se toma como hipótesis que toda la carga se va a los ejes de la compuerta.

Toda la carga es transmitida al tubo bisagra, y aunque sea sólo por un instante, es el momento en el que más solicitados están los elementos afectados: refuerzo del techo, refuerzo lateral, refuerzo esquina, pletina interna y tubo bisagra. Los elementos que se acaban de nombrar se dimensionan con un factor de seguridad de 1.5 tal y como nos marca la norma, para el ensayo de descarga.

Caso A	$F = 14400 \text{ N} \times 1.5 = 21600 \text{ N}$
Caso B	$F = 3600 \text{ N} \times 1.5 = 5400 \text{ N}$
Caso C	$F = 11200 \text{ N} \times 1.5 = 16800 \text{ N}$
Caso D	$F = 2800 \text{ N} \times 1.5 = 4200 \text{ N}$
Caso E	$F = 8400 \text{ N} \times 1.5 = 12600 \text{ N}$

Tabla 2.6- Reparto de cargas en la fase de comienzo de la descarga

2.2.3 Dimensionado del tubo elevador

El tubo elevador forma parte del sistema Kinshofer, que es un elemento comercial, que tiene unas dimensiones estándar para que, sea el camión que sea el que vaya a descargar el contenedor, su amarre se realice de manera satisfactoria. Las dimensiones se sacan del anexo B de la norma UNE-EN 13071-3:2011. (Ver dimensiones en el apartado 2.2.3 Dimensionado del tubo elevador del ANEXO)

Los ensayos realizados al tubo elevador se hacen con una carga mayorada a 3.5, con una carga igual a la que soporta el contenedor en el “caso A”, que es el más solicitado, de forma que será válido para el resto de casos.

Las condiciones de contorno del ensayo se disponen de forma que el tubo elevador trabaja solamente a tracción, con un empotramiento en la seta.

El tubo vertical es un tubo cuadrado de 40x40x4 mm y su longitud es de 1000 mm (formado por los 464 mm que necesita de recorrido el tubo central para realizar correctamente la descarga, más los 536 mm de distancia que existen entre la parte superior del soporte, hasta la parte inferior del tubo central).

Tensiones escaladas a 350 MPa

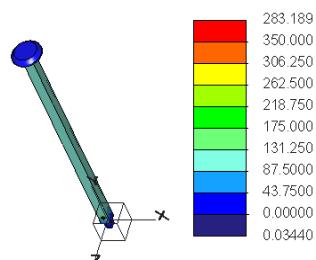


Fig. 2.3-Tensiones en el ensayo

Desplazamientos en mm

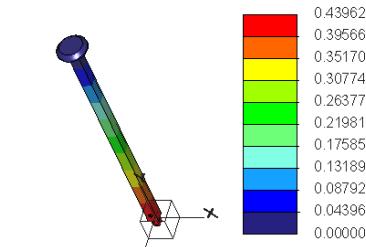


Fig. 2.4-Desplazamientos en el ensayo

El tubo elevador soporta los esfuerzos a los que está sometido, incluso con el factor de seguridad aplicado. El alargamiento máximo es de 0.44 milímetros, lo que se considera admisible.

2.2.4 Dimensionado del tubo central

Para diseñar el tubo central se ha tenido en cuenta que los tirantes deben ir lo más cerca posible de las paredes de la campana, para que no entorpezcan la descarga de los residuos. También se tiene en cuenta que debe tener un alojamiento por donde deslice el tubo elevador.

El proceso llevado a cabo en el desarrollo y dimensionado del tubo central es iterativo, tomando nuevas configuraciones según se encuentran problemas resistivos en el elemento. Como primer diseño se coloca un travesaño formado por un tubo rectangular, tal y como se aprecia en la siguiente figura:



Fig. 2.5-Diseño inicial del tubo central

El perfil utilizado en el tubo elevador es de 40x40x4 mm, por tanto, el tubo cuadrado que hace de guía debe tener un alojamiento mayor para permitir un correcto desplazamiento entre ambos. El tubo escogido es de 60x60x8 mm.

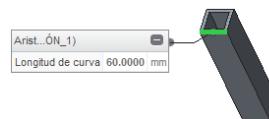


Fig. 2.6-Anchura del tubo dispuesto en vertical

El ancho de los largueros que están soldados debe ser menor de 50 mm para tener espacio para realizar una correcta soldadura. En los extremos se sueldan dos pletinas de 10 mm de espesor en las que a su vez irán soldados los tetones en los que se enhebran los tirantes. Se parte de tubos en los que se coloca su mayor dimensión en la dirección de la carga, en este caso el perfil escogido es de 40x100x4 mm.

La condición de contorno en la que se encuentra el elemento durante el ensayo, es el empotramiento en la parte baja del tubo que hace de guía. Las fuerzas irán aplicadas en los tetones en los que enhebran los tirantes:

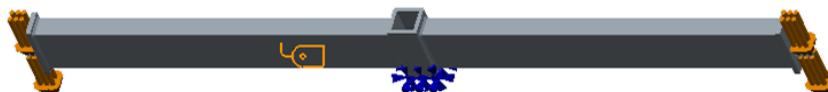
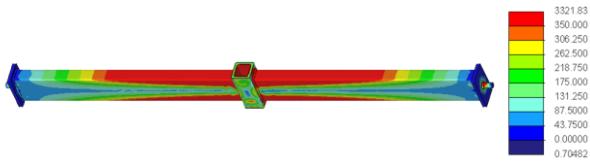


Fig. 2.7-Condiciones de contorno para el ensayo del diseño inicial del tubo central

El tubo central se considera elemento de elevación, dado que, con las compuertas cerradas, recibe todo el peso de los residuos a través de los tirantes, cuando se eleva el contenedor. Por tanto, a la carga se le aplica un factor de seguridad de 3.5, lo que en el “Caso A” nos da un valor de 54000 N.

Tensiones escaladas a 350 MPa



Los esfuerzos superan el límite elástico en la mayor parte del elemento, lo que no se considera admisible.

Fig. 2.8- Tensiones en el ensayo

A la vista de los resultados, se opta por buscar una solución más resistente del tubo central, que cumpla con las condiciones nombradas. En el diseño con el que se pretende conseguir una solución eficiente, se duplica el tubo anterior y se deja una separación entre ambos tubos. El diseño queda así:

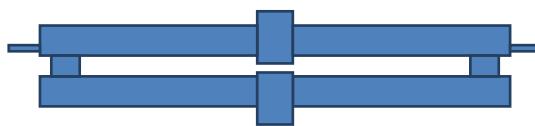


Fig. 2.9- Boceto del segundo diseño del tubo central

- Dos tubos centrales para hacer de guía del tubo elevador de 60x60x8.
- Dos largueros de 40x100x4 (uno superior y otro inferior) separados 100 mm.
- Dos tubos rectangulares que sirven de apoyo en los extremos del larguero superior sobre el inferior.

Con las mismas condiciones de contorno se realiza el ensayo de cargas:

Tensiones escaladas a 350 MPa

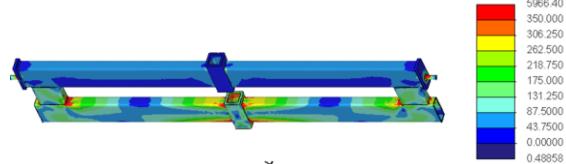


Fig. 2.10-Tensiones en el ensayo

Se observa que prácticamente toda la carga es soportada por el larguero inferior. Para solucionar esto se unen ambos tubos verticales en una sola pieza y se vuelve a realizar la simulación.

Tensiones escaladas a 350 MPa

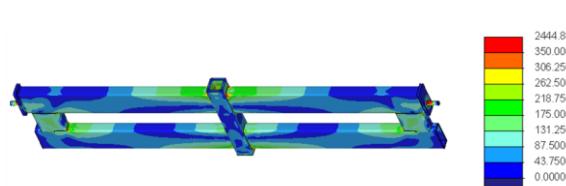


Fig. 2.11-Tensiones en el ensayo

El elemento trabaja mucho mejor, pero se aprecia que el conjunto está sobredimensionado en su mayor parte. Para aligerar el tubo central se toman unos tubos nuevos de 30x90x4 mm, además se reduce la distancia entre largueros de 100 mm a 50 mm y se vuelve a realizar la simulación.

Tensiones escaladas a 350 MPa

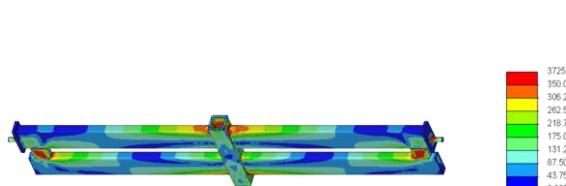


Fig. 2.12-Tensiones en el ensayo

Este conjunto trabaja bien, a excepción de los tetones y los tubos de apoyo entre largueros. Se decide sustituir estos tubos rectangulares por pletinas de espesor 4 mm, soldadas hasta la mitad de la altura de cada larguero. Los tetones de diámetro 16 mm se sustituyen por unos de diámetro 20 milímetros. Tras estos cambios se vuelve a realizar la simulación.

Tensiones escaladas a 350 MPa

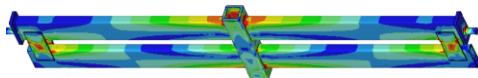


Fig. 2.13-Tensiones en el ensayo



Las pletinas soportan mejor los esfuerzos, pero van un poco justas. No se alcanza el límite elástico, salvo en zonas de soldadura.

Se aumenta el espesor de la pletina a 6 mm y se rebaja el espesor de los largueros a 3 mm. Despues de realizar los ajustes, se vuelve a realizar la simulación.

Tensiones escaladas a 350 MPa

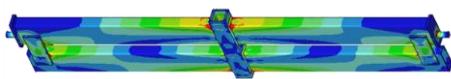


Fig. 2.14-Tensiones en el ensayo



El elemento soporta bien los esfuerzos a los que está sometido. Este se toma como caso solución y ahora se revisa que los desplazamientos en este caso, cumplan con el criterio tomado.

Desplazamientos en milímetros



Fig. 2.15- Desplazamientos en el ensayo



La flecha máxima es de 4.2 mm en los tetones, lo que se considera admisible.

Ahora que se conoce que este diseño soporta las cargas, se han modificado los tetones y la pletina que se colocan en los extremos para disminuir el recorrido que tiene que realizar este elemento para conseguir la apertura de las compuertas, y por tanto, la descarga de los residuos. La separación entre ambos tetones es de 350 mm y los tetones de 16 mm de diámetro. Este cambio está justificado en la siguiente fase del TFG (3. Estudio de la descarga). En el nuevo diseño cada tetón sólo enhebra a uno de los tirantes. Nos queda así:

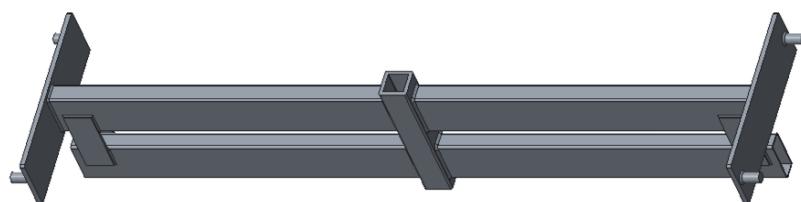


Fig. 2.16-Diseño definitivo del tubo central

Ahora que se tiene el diseño definitivo, se comprueba el ensayo anterior:

Las condiciones de contorno son iguales que en el ensayo anterior, lo único que cambia es la posición donde están colocadas las fuerzas.

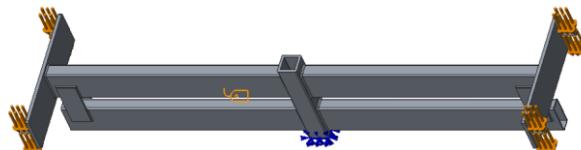


Fig. 2.17-Condiciones de contorno

Tensiones escaladas a 350 MPa

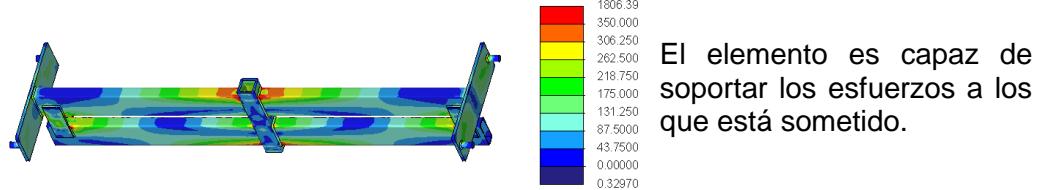


Fig. 2.18-Tensiones en el ensayo

Desplazamientos en milímetros

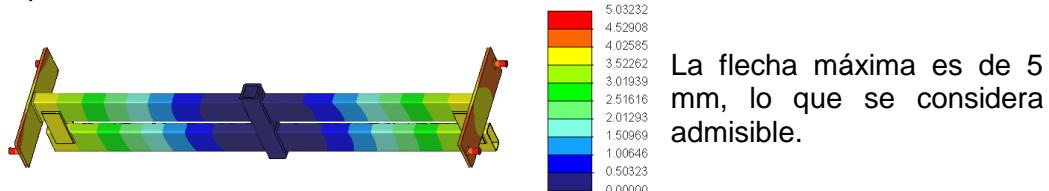


Fig. 2.19-Desplazamientos en el ensayo

Una vez dimensionado el tubo central para el contenedor de 3600 litros de residuos pesados, se continúa dimensionando dicho elemento para el resto de capacidades y residuos. Los resultados se encuentran en el apartado 2.2.4 Dimensionado del tubo central del ANEXO.

2.2.5 Dimensionado del refuerzo del techo

El refuerzo del techo también forma parte del grupo de los elementos singulares del conjunto, por lo que es un elemento que se diseña y posteriormente dimensiona individualmente para cada una de las capacidades y residuos alojados.

Para el diseño se tienen en cuenta las siguientes restricciones en el diseño dadas por la campana de referencia:

- La distancia máxima entre el techo y las bocas es de 94 mm

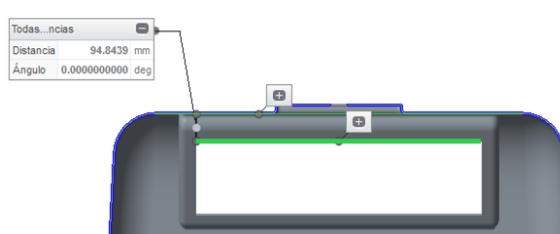


Fig. 2.20-Medidas en la campana

- La distancia máxima entre el techo y el realzado es de 30 mm

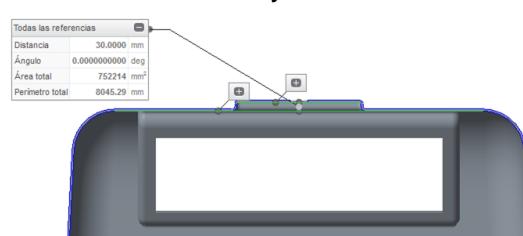


Fig. 2.21-Medidas en la campana

Por tanto, el máximo de altura del refuerzo del techo tiene que ser menor que 124 mm, se impone un límite de 120 mm para no acercarnos a ese valor.

- El refuerzo diseñado debe hacer contacto con el realzado y con el resto del techo para que haga correctamente la función de distribuir las cargas.

Diseño inicial

Se parte de un diseño en el cual se cumplan las restricciones anteriores, éste se muestra en la siguiente figura:

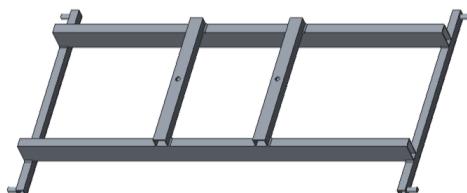


Fig. 2.22-Diseño inicial del refuerzo del techo

Está formado por tres parejas de tubos rectangulares, soldados en tres alturas distintas, con dos taladros para unir el soporte del sistema Kinshofer haciendo sándwich con la campana. Tiene cuatro tetones para unir los refuerzos laterales que a su vez van a las esquinas. Ahora que se tiene el diseño, se realiza la simulación de cargas resistentes.

Aunque el refuerzo del techo se considera un elemento de elevación, cuando el contenedor se encuentra en la fase de elevación, el reparto de cargas hace que la mayor parte del esfuerzo se vaya al tubo central y por tanto mayorar por 3.5 sería sobredimensionar el elemento. Se mayora por 1.5 y posteriormente se comprueba su resistencia y rigidez en el ensayo de conjunto.

En las condiciones de contorno se toman los taladros como empotramiento, y las fuerzas actúan en los tetones, de la siguiente manera:

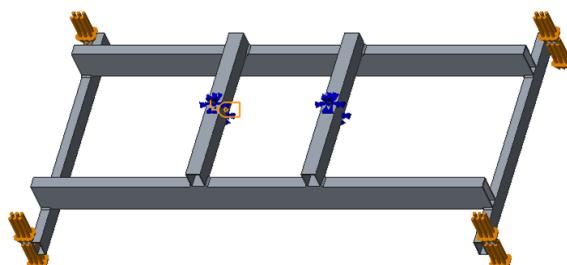


Fig. 2.23-Condiciones de contorno

Caso A: Contenedor de 3600 litros para residuos pesados, la carga que tiene que soportar es 21600 N (Tabla 2.5)

Tensiones escaladas a 350 MPa

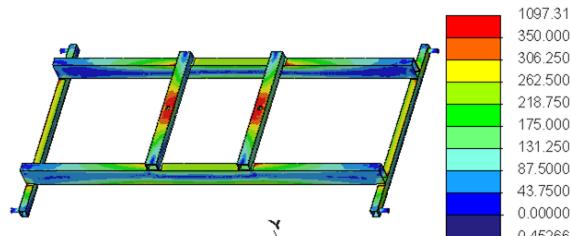


Fig. 2.24-Tensiones en el ensayo

El conjunto tiene problemas para aguantar los esfuerzos en la zona de los taladros.

Tras ver estos resultados, se decide poner cuatro puntos de sujeción. Además, se piensa en otro diseño para disminuir el peso del refuerzo. Se elimina una pareja de tubos y se coloca unas tapas, en las cuales se sueldan los tetones.

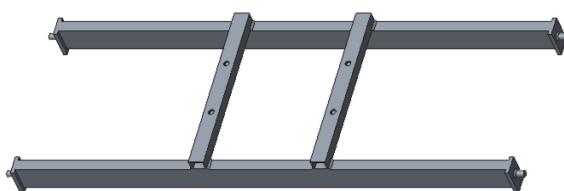


Fig. 2.25-Diseño definitivo del refuerzo del techo

En este caso, la geometría del refuerzo del techo está formada por un tubo superior de 40x30x3 mm (se pone el perfil tumbado para adaptarse al rehundido) y un tubo inferior de 30x70x3 mm.

Las condiciones de contorno utilizadas a partir de ahora, para todos los ensayos del refuerzo del techo tienen un empotramiento en cada uno de los cuatro taladros, queda de la siguiente forma:

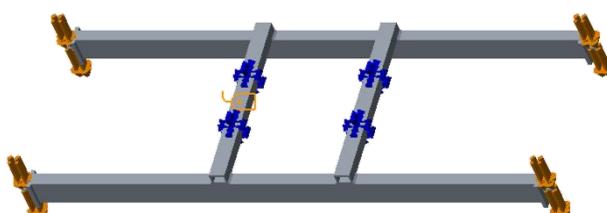


Fig. 2.26-Condiciones de contorno

Los resultados de la simulación de cargas:

Tensiones escaladas a 350 MPa

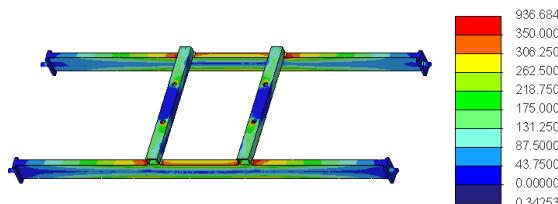


Fig. 2.27-Tensiones en el ensayo

La mejoría en la zona central, es clara, además el conjunto soporta los esfuerzos a los que está sometido

Desplazamientos en milímetros

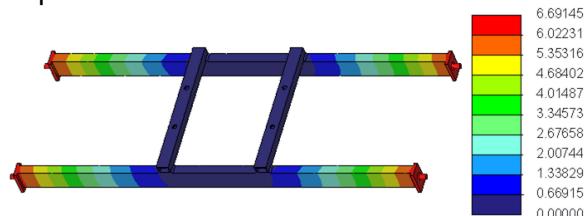


Fig. 2.28-Desplazamientos en el ensayo

La flecha máxima es de 6.7 mm, lo que se considera admisible.

El peso del elemento con este nuevo diseño, pasa de 21.6 Kg a 16.3 Kg respecto al anterior, por tanto se reducen 5.3 Kg.

Una vez se tiene el diseño definitivo del refuerzo del techo, se dimensiona para las distintas capacidades y residuos, pero siempre teniendo en cuenta las siguientes condiciones:

- La anchura del contenedor varía según su capacidad como indica la Tabla 2.1.
- Debe tener 4 tetones para sujetar los refuerzos laterales. Estos tetones deben estar en la misma posición en todos los casos diferentes, para poder utilizar los mismos refuerzos laterales en todos los casos. Se toma como referencia la distancia marcada por el dimensionado del caso A:

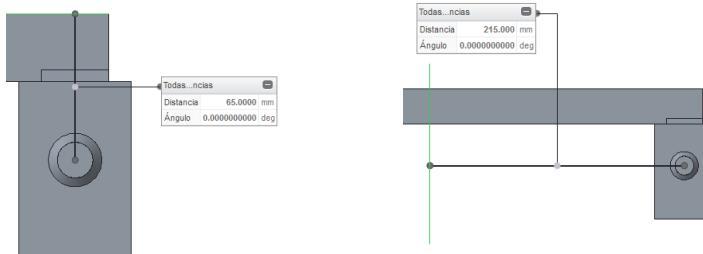
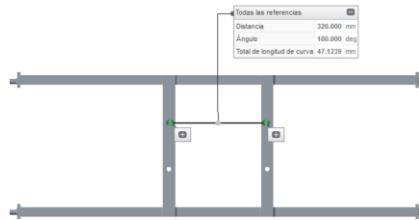


Fig. 2.29-Distancias de los tetones

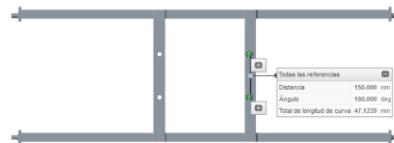
La distancia al realzado es 65 mm y distancia al centro es 215 mm.

- Debe tener cuatro taladros para unirlo a través de tornillos al soporte haciendo sándwich con la campana, siempre del mismo diámetro, en este caso, 16 mm. La posición de estos 4 agujeros no puede modificarse en ninguno de los casos para que el soporte Kinshofer sea el mismo siempre. Se toma como referencia la distancia marcada por el dimensionado del caso A:



La distancia entre los taladros de los tubos superiores debe ser 320 mm.

Fig. 2.30-Distancia horizontal entre taladros



La distancia entre los taladros de un mismo tubo superior debe ser 150 mm.

Fig. 2.31-Distancia vertical entre taladros

El dimensionado del refuerzo del techo para el resto de casos de capacidades y casos de carga se encuentra en el apartado 2.2.5 *Dimensionado del refuerzo del techo* del ANEXO.

2.2.6 Elementos dimensionados a través de los ensayos de conjunto

Gracias a los ensayos de conjunto se ha conseguido dimensionar el refuerzo de las esquinas, el soporte del sistema Kinshofer, los tirantes, los refuerzos laterales, el tubo bisagra y los enganches de las compuertas.

Este dimensionado se realiza partiendo de un diseño previo que se explica en este apartado.

2.2.6.1 Diseño del conjunto del refuerzo de la esquina y la pletina interior

En las esquinas se coloca un refuerzo tal y como se ha explicado anteriormente, formado por dos elementos: la pletina interior y el refuerzo esquina. Ambos están colocados haciendo sándwich con el zócalo de la campana.

Para su diseño se ha tenido en cuenta:

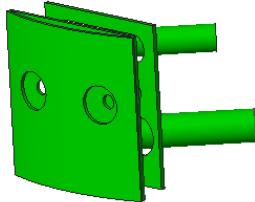


Fig. 2.32-Diseño del refuerzo de la esquina y la pletina interior

- Mantener la estética exterior de la campana
- En el montaje, la unión atornillada se hace desde el exterior del iglú.
- La pletina interior es igual para las cuatro esquinas.
- Los tubos deben ir soldados en una chapa plana, dado que soldar en una chapa curva dificulta la fabricación.
- Su dimensionado se hace con el ensayo de conjunto en la fase de comienzo de la descarga que es el más crítico para este elemento, tal y como se ha visto en el reparto de cargas.

2.2.6.2 Diseño del soporte

El soporte es un elemento comercial que forma parte del sistema de elevación Kinshofer. Por tanto, es necesario mantener las dimensiones que nos marca la norma UNE-EN 13071-1:2008:

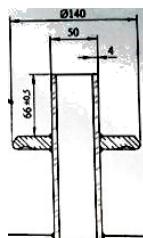


Fig. 2.33-Dimensiones del soporte, [4]

- El tubo que hace de guía para el tubo elevador será de 50x50x4 mm.
- El diámetro de la seta que tiene el soporte será de 140 mm.
- La distancia hasta la seta del tubo elevador será de 66 mm.
- Se dimensiona con el ensayo de conjunto en la fase de comienzo de la descarga.

2.2.6.3 Diseño de los refuerzos laterales

El contenedor debe soportar esfuerzos muy grandes y dado que la campana está fabricada en polietileno de alta densidad, y no confiere la resistencia y rigidez al conjunto del contenedor que sería necesaria, se opta por diseñar un sistema de herrajes con los que la campana hace solo las veces de envoltura. Para ello se diseñan los refuerzos laterales ya descritos anteriormente, que unen el refuerzo del techo con el refuerzo de las esquinas. Los criterios utilizados en el diseño son:

- Los cuatro refuerzos laterales deben ser iguales.
- Se dimensiona con el ensayo de conjunto en la fase de comienzo de la descarga.
- La longitud de los refuerzos la marca la distancia entre el refuerzo del techo y el refuerzo de la esquina.

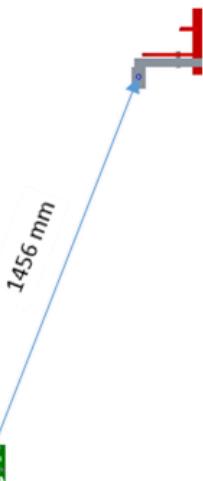


Fig. 2.34-Distancia entre refuerzos

A estos refuerzos laterales se les añaden unos agujeros para poder colocar las tapas interiores (elemento opcional). En cada uno de los agujeros se le suelda una tuerca para facilitar el posterior montaje. El refuerzo nos queda de la siguiente manera:



Fig. 2.35-Diseño del refuerzo lateral

2.2.6.4 Diseño de los enganches de las compuertas

Los enganches son los encargados de unir los tirantes con las compuertas. Se colocan dos enganches en cada compuerta, y además se colocan de manera que los tirantes al unirse a dichos enganches queden en un plano totalmente vertical respecto del terreno, para favorecer el giro. Disponen de un macho roscado donde colocar tuercas que dejen unidos los enganches con las compuertas.



Teniendo en cuenta que el momento en el que más solicitados están, es durante la fase de elevación, se han dimensionado a través del ensayo de conjunto en dicha fase.

Fig. 2.36-Enganche de las compuertas

2.2.6.5 Diseño de los tirantes

Los tirantes están enhebrados en los tetones del tubo central, y unidos a los enganches a través de un pasador.

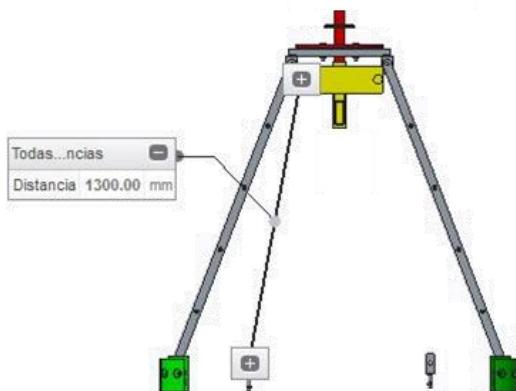


Fig. 2.37-Longitud de los tirantes

La distancia entre tubo central y enganches nos marca la distancia total que deben tener los tirantes.

Los tirantes se encuentran mucho más cargados en la fase de elevación que en la fase de comienzo de la apertura, por tanto, se dimensionan con el ensayo en el que más solicitados están.



Fig. 2.38-Tubo bisagra

Se ha dimensionado tomando como referencia la simulación de cargas realizada para el conjunto de los herrajes en la fase de comienzo de la apertura, ya que es el momento en el que el elemento está más solicitado.

Hay que tener en cuenta que este tubo va embebido en unas compuertas que le dan un pequeño extra de rigidez y que en este ensayo no se han tenido en cuenta.

2.3. Ensayos de conjunto

Tal y como se ha explicado anteriormente, el ciclo de uso del contenedor tiene dos fases importantes: fase de elevación y fase de comienzo de la descarga. En este apartado se pretende ensayar el conjunto completo de herrajes diseñados, para cada una de las dos fases. Para la simulación de las cargas en el ensayo se ha tomado el contenedor de 3600 litros para residuos pesados, ya que éste es el caso más restrictivo.

2.3.1 Fase de elevación

Para esta fase las condiciones de contorno utilizadas para la simulación de los esfuerzos a soportar por el conjunto cuentan con dos empotramientos: en el soporte y otro en el tubo elevador del sistema Kinshofer. Además, los desplazamientos en la parte baja de los tirantes están restringidos por los enganches de las compuertas, de tal forma que sólo pueden desplazarse verticalmente. Se eliminan del conjunto las compuertas de polietileno de alta densidad que no son objeto de este TFG, y que se suponen lo suficientemente reforzadas y rigidizadas para aplicar esta condición.

Las fuerzas se aplican en los tirantes y en el tubo bisagra según los resultados obtenidos en la distribución de cargas expuesta anteriormente.

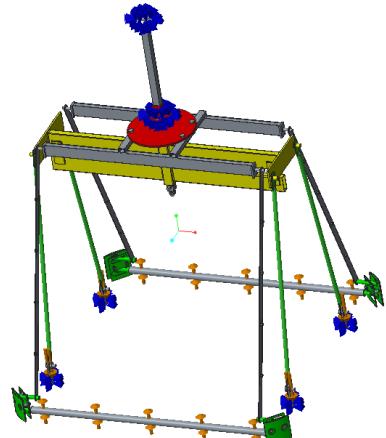


Fig. 2.39-Condiciones de contorno

Al tratarse del ensayo de elevación del conjunto en el que se debe cumplir la norma, el coeficiente de mayoración es de 3.5 y por tanto la carga es de 50400 N repartidos entre los cuatro tirantes y 3600 N repartidos en ambos tubos bisagra en sentido contrario.

Tensiones escaladas a 350 MPa

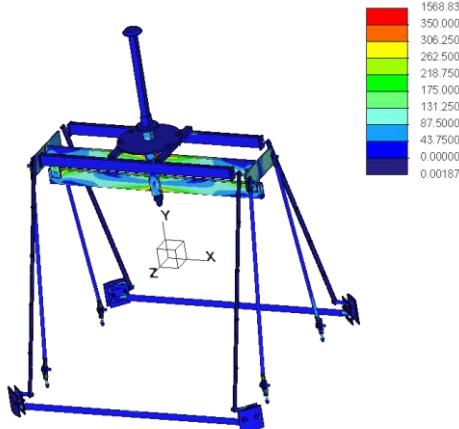


Fig. 2.40-Tensiones en el ensayo de conjunto de la fase de elevación

El conjunto de los herrajes es capaz de soportar los esfuerzos a los que está sometido. Obsérvese como el elemento más solicitado es el tubo central, que se diseñó de manera aislada, y cumple con los requisitos del ensayo.

El mayor valor de deformación alcanzado es de 0.65 %, y el desplazamiento máximo de 4.4 mm. Los desplazamientos en dirección Y son 0.3 mm en los tirantes y en dirección X son 0.9 mm también en los tirantes. Estos resultados se alcanzan en el refuerzo del techo, y las capturas se pueden consultar en el apartado 2.3.1 Fase de elevación del ANEXO. Este es el caso solución que ha permitido dimensionar correctamente los tirantes y los enganches de las compuertas.

2.3.2 Fase de comienzo de la descarga

En esta fase las condiciones de contorno que se utilizan en la simulación de las cargas cuentan con un empotramiento en el soporte del sistema Kinshofer, en el lugar donde el camión sujeta el contenedor a través de las garras. Las cargas se colocan hacia abajo, en dirección vertical, distribuidas a lo largo de los dos tubos bisagra. En esta fase no se analizan los enganches, los tirantes, ni el tubo central, ya que no trabajan. Se quiere hacer hincapié en que esta hipótesis es una aproximación que hace que los cálculos estén del lado de la seguridad.

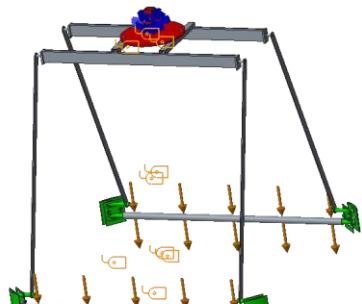


Fig. 2.41-Condiciones de contorno

Tensiones escaladas a 350 MPa

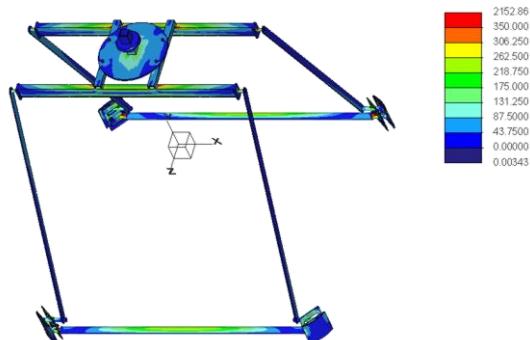


Fig. 2.42-Tensiones en el ensayo de conjunto de la fase de comienzo de la descarga

Al tratarse del ensayo de descarga del conjunto en el que se debe de cumplir la norma, el coeficiente de mayoración es de 1.5, y por tanto la carga que tiene que soportar el conjunto en esta fase es 21600 N, repartidos en ambos tubos bisagra. Los resultados obtenidos son:

El conjunto de los herrajes es capaz de soportar los esfuerzos a los que está sometido. La parte más comprometida se encuentra en la unión del tubo bisagra con el refuerzo de la esquina, pero se considera admisible ya que el conjunto se ha analizado sin las compuertas, lo que ayudaría a rigidizar esa zona.

En este caso las máximas deformaciones son de un 0.8%, el mayor desplazamiento se da por la flexión de los tubos bisagra, 12.3 mm en dirección Y y de 5.6 mm también por flexión en dirección X en los tirantes. Las capturas se pueden consultar en el apartado 2.3.2 *Fase de comienzo de la descarga* del ANEXO.

Este es el caso solución que ha permitido dimensionar el Tubo bisagra, los Refuerzos de las esquinas, las Pletinas interiores y los Refuerzos laterales.

2.4 Lista de elementos y pesos

Tras terminar el diseño y dimensionado de los distintos elementos que forman parte del conjunto el peso para cada una de las capacidades se muestra en la siguiente tabla:

CASO	Peso (Kg)
A (3600 litros, residuo pesado)	120.1
B (3600 litros, residuo ligero)	102.9
C (2800 litros, residuo pesado)	104.3
D (2800 litros, residuo ligero)	89.8
E (2100 litros, residuo pesado)	93.7

Tabla 2.7-Peso de los herrajes para los distintos casos de carga

En el apartado 2.4 *Lista de elementos y pesos* del ANEXO aparece detallado el peso de cada uno de los elementos que forman el conjunto.

3. Estudio de la descarga

En esta fase del TFG se explica el mecanismo de apertura de las compuertas utilizado para descargar los residuos, una vez el contenedor se encuentra lleno. Este mecanismo es accionado por el contenedor a través del sistema Kinshofer instalado en el iglú.

Además, se explica el desarrollo llevado a cabo hasta llegar al mecanismo solución y la metodología utilizada.

3.1 Solapa de las compuertas

El sistema de herrajes diseñado en la fase anterior, hace que la holgura entre las compuertas de plástico sea de 20 mm, espacio suficiente por el que pueden escapar los residuos, cuando el contenedor es elevado. Por tanto, antes de comenzar con el dimensionado y diseño de los herrajes implicados en la apertura y descarga, se propone añadir una solapa a la compuerta que cubra dicha holgura. Como primera aproximación, se propone una solapa como la de la figura:



Fig. 3.1-Boceto de la solapa

3.2 Movimiento deseado en la apertura

Una vez se tiene decidido que las compuertas llevarán solapa, el mecanismo de apertura debe actuar de manera que la compuerta que no tiene la solapa incorporada, abra antes que la otra (y cierre después), para conseguir que no haya colisión entre ellas durante el movimiento de apertura y cierre.

Para dar solución a la apertura de ambas compuertas se ha realizado un estudio de varias configuraciones en las que se va modificando la posición y el diseño de los enganches vistos anteriormente para conseguir el objetivo descrito.

3.2.1 Casos solución

Para abordar este problema se han propuesto seis casos distintos en el diseño y localización de los enganches de las compuertas.

Caso original: Ambos enganches se encuentran en el centro de las compuertas

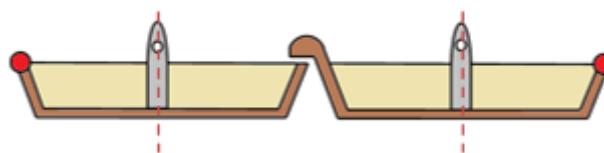
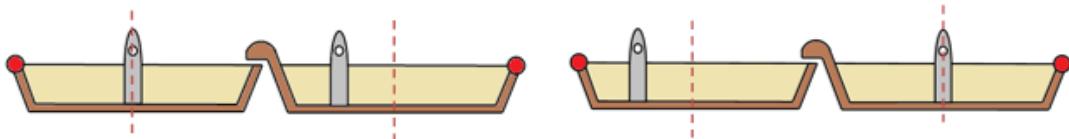
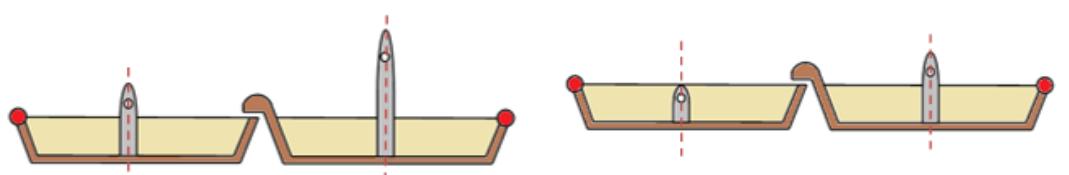


Fig. 3.2-Boceto caso original

1. Adelantar los enganches de la compuerta con solapa 2. Retrasar los enganches de la compuerta sin solapa



3. Alargar los enganches de la compuerta con solapa 4. Acortar los enganches de la compuerta sin solapa



5. Colocar una guía vertical en los enganches de la compuerta sin solapa 6. Colocar una guía horizontal en los enganches de la compuerta sin solapa

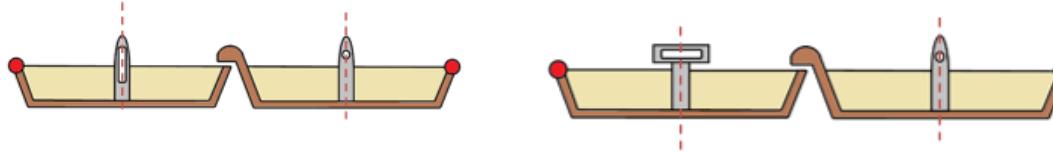


Tabla 3.1-Casos estudiados como posible solución

3.2.2 Maqueta para comprobar el movimiento de cada caso

Con estos seis casos, se ha realizado una maqueta de movimiento plano, escalando los componentes a 1:5, para comprobar su funcionamiento de una manera sencilla y rápida.

En todos los casos el sistema se evalúa en tres posiciones:

Columna izquierda → Posición totalmente cerrado

Columna central → Posición justo al empezar a abrirse o cuando está a punto de cerrarse, momento más crítico

Columna derecha → Posición totalmente abierto

La maqueta no pretende dar un resultado final, sino desechar los casos que no cumplan con el objetivo de obtener una apertura como la descrita anteriormente.

A continuación, se muestra un ejemplo de los casos original y primero. El resto se encuentran representados en el apartado *3.2.2 Maqueta para comprobar el movimiento de cada caso* del ANEXO.

CASO 0: Ambos enganches centrados



Fig. 3.3-Maqueta



Fig. 3.4-Maqueta



Fig. 3.5-Maqueta

CASO 1: Adelantar los enganches de la compuerta con solapa



Fig. 3.6-Maqueta



Fig. 3.7-Maqueta



Fig. 3.8-Maqueta

Observando el instante crítico de la apertura, cuando las compuertas tienen la menor holgura entre ellas, se obtiene como conclusión, que los casos con los que se deberá trabajar son 1, 2 y 5.

3.2.3 Modelado en el ordenador

En este apartado se analizan en detalle y mediante CAD los casos seleccionados como buenos anteriormente, y en los que ya se ha dibujado la silueta de una hipotética solapa para su consideración en el mecanismo.

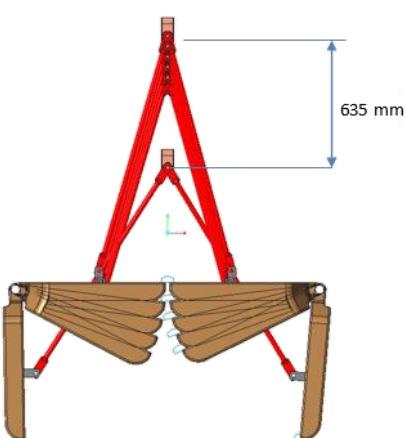
3.2.3.1 CASO 1: Adelantar enganches compuerta con solapa

Fig. 3.9-Modelo del caso 1

En este caso se ha alejado el enganche 20 mm con respecto al eje de giro, en la compuerta con solapa.

En la imagen se muestran las posiciones intermedias cuando el tubo central baja 50 mm, 100 mm, 150 mm, 200 mm y la posición de apertura total (la puerta sin solapa se encuentra a 89 grados respecto de la horizontal).

Se añade una solapa de 35 mm de altura y 50 mm de longitud, que será la misma que se utilizará para el resto de casos.

La holgura entre compuertas cuando el tubo central ha bajado 100 milímetros no provoca colisión con la otra compuerta en la que los enganches se mantienen centrados, por tanto se puede asegurar que este sistema cumple con su cometido, pero el desfase entre compuertas no es suficiente para garantizar su correcto funcionamiento (holgura de 7.9 milímetros).

Como el caso 1 y en el caso 2 caso se basan en lo mismo, y además pueden ser complementarios, se opta por modelar un caso en el que se adelante el enganche de la compuerta con solapa y se retrase el enganche de la compuerta sin solapa, como combinación de ambos casos, con el fin de aumentar el desfase entre compuertas.

3.2.3.2 CASO 1 + CASO 2: Retrasar los enganches de la compuerta sin solapa y adelantar los enganches de la compuerta con solapa

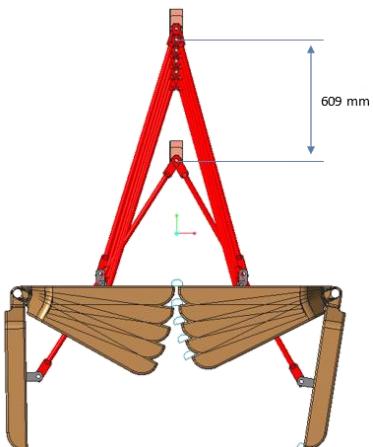


Fig. 3.10-Modelo caso 1+2

En este caso los enganches de la compuerta sin solapa se han acercado al eje de giro 20 mm, y los enganches de la compuerta con solapa se han alejado otros 20 mm del eje de giro, como combinación de los casos 1 y 2.

En la imagen se muestran las posiciones intermedias al igual que en el caso anterior, cuando el travesaño baja 50 mm, 100 mm, 150 mm, 200 mm y la posición de apertura total (la puerta sin solapa se encuentra a 89 grados respecto de la horizontal).

La holgura entre compuertas cuando el tubo central ha bajado 100 milímetros respecto de su posición inicial es suficiente para no provocar una colisión entre compuertas, y además su desfase es más del doble que en el caso anterior (holgura de 18.3 mm)

Este caso cumple con el movimiento deseado.

3.2.3.3 CASO 5: Colocar una guía vertical en la compuerta sin solapa

El mecanismo de la figura inferior muestra el instante en el que el contenedor pierde el contacto con el suelo, por lo que la puerta sin solapa baja debido a la gravedad, tanto, como recorrido tiene la guía vertical colocada en los enganches. En este caso se ha colocado una guía de 15 milímetros, lo que deja una holgura entre compuertas de 28 milímetros.

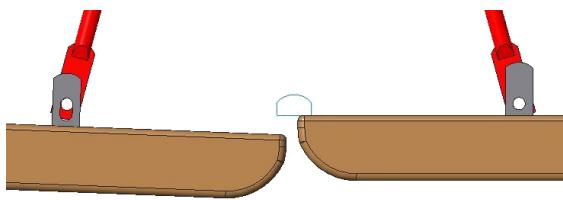


Fig. 3.11-Detalle del mecanismo

A diferencia de las opciones anteriores, en cuanto el contenedor pierde el contacto con el suelo, las compuertas abren y cierran a la misma velocidad, por tanto, el desfase se mantiene durante toda la apertura.

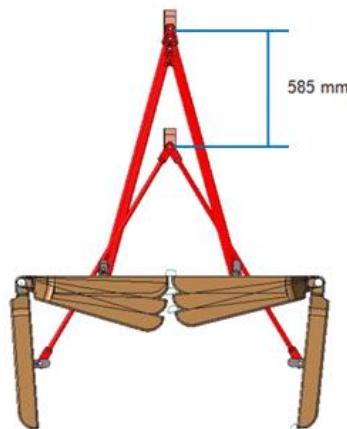


Fig. 3.12-Modelo caso 5

Este caso no llega a abrir los 89 grados que abrían los casos anteriores. En el cierre de las compuertas, el desfase originado por la guía vertical, lo asume el terreno cuando el contenedor termina de apoyar en el suelo. Esta configuración mantiene ambos enganches centrados, lo que implica que ambas compuertas trabajen de la misma manera al estar sometidas a cargas y restricciones de movimiento iguales.

3.2.4 Comparativa entre los casos

A continuación, se muestra una tabla comparativa con las ventajas y desventajas de cada uno de los casos, en la cual se ha puntuado cada caso con 2,1 ó 0 puntos según si la característica es favorable, ajustada o desfavorable, respectivamente.

Caso	1	1+2	5
Enganches	Iguales (2 Ptos)	Iguales (2 Ptos)	Distintos, uno con taladro y otro con guía (1 Pto)
Posición enganches	Centrado – Adelantado (0 Ptos)	Alejado – Adelantado (0 Ptos)	Ambos centrados (2 Ptos)
Longitud de cada tirante	Distinta (0 Ptos)	Distinta (0 Ptos)	Igual (2 Ptos)
Montaje	Riesgo de montar tirantes y enganches en la compuerta equivocada (0 Ptos)	Riesgo de montar tirantes y enganches en la compuerta equivocada (0 Ptos)	Riesgo de montar enganches en la compuerta equivocada (1 Pto)
Recorrido tubo central	635 mm (1 Ptos)	609 mm (1 Pto)	585 mm (1 Ptos)
Apertura compuertas	Sin solapa: 89° Con solapa: 85° (1 Pto)	Sin solapa: 89° Con solapa: 81° (1 Pto)	Sin solapa: 86° Con solapa: 84° (1 Pto)
Desfase entre compuertas en el punto crítico	7.9 mm (0 Ptos)	18.3 mm (2 Ptos)	28 mm (1 Ptos)
Ptos	4	6	9

Tabla 3.2-Comparativa entre los casos

3.2.5 Conclusiones de la comparativa entre los casos

Vistas las diferencias se escoge la apertura propuesta en el **caso 5**. Por lo que los enganches de las compuertas sin solapa deberán llevar la guía vertical ensayada. Este apartado se detalla con más profundidad en el ANEXO (*3.2.5 Conclusiones de la comparativa entre los casos*)



Fig. 3.13-Enganche con guía vertical

3.3 Reducción del recorrido del tubo elevador

Tras el análisis anterior, se aborda la tarea de reducir el recorrido del tubo elevador, cuando se procede al vaciado del contenedor.

Se fija como objetivo estar en un recorrido igual o por debajo de 480 mm, en base a especificaciones del sistema Kinshofer [3]. Para conseguir este objetivo se opta por separar en dos posiciones diferentes y simétricas el tetón del tubo central.



Fig. 3.14-Separación entre tetones

Para ver el funcionamiento de una manera sencilla y rápida se ha realizado de nuevo maquetas de movimiento plano con distintas distancias entre dichos tetones, y se han tomado imágenes de los resultados obtenidos.

3.3.1 Maqueta con los tetones separados

En la tabla que se muestra a continuación, se ven los casos para una separación de tetones de 200 mm. En el Anexo, en el apartado *3.3.1 Maqueta con los tetones separados*, se muestran imágenes de separación de 300 mm, 400 mm y 500 mm.

Distancia entre tetones de 200 mm

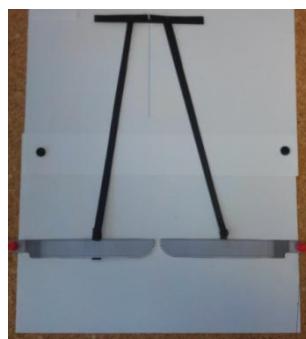


Fig. 3.15-Maqueta



Fig. 3.16-Maqueta

La separación entre los tetones ocasiona una reducción del recorrido del tubo elevador. A mayor separación entre los tetones, menor recorrido. Además, los tirantes disminuyen su longitud y la placa soldada al tubo central, tiene que ser más grande, por lo que se añade peso y costes al conjunto.

Esta pletina ha sido tenida en cuenta en el dimensionado del herraje al hacer los ensayos resistentes (Fase 2. *Diseño y desarrollo de los herrajes de este TFG*).

3.3.2 Modelado en el ordenador

3.3.2.1 Caso de separar los tetones

Ahora se analiza en detalle y mediante CAD, el sistema de apertura colocando una separación entre los tetones, y partiendo del caso seleccionado como mejor: enganche de compuerta con guía vertical de 15 mm, colocado en la compuerta sin solapa.

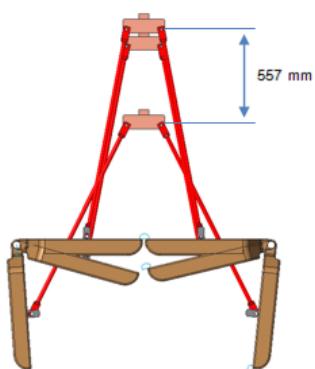


Fig. 3.17-Caso separación entre tetones

El modelo muestra tres posiciones distintas del mecanismo: cerrado, cuando el tubo central ha bajado 100 mm y en la posición de apertura total (la compuerta sin solapa está abierta a 86º respecto de la horizontal).

La holgura vertical se mantiene igual, sigue siendo 28 mm.

Se obtiene un recorrido del tubo central de 557 milímetros, que es menor que el anterior pero todavía no cumple con el objetivo.

3.3.2.2 Caso combinación, retrasar enganches y separar tetones del tubo central

Dado que el caso anterior no consigue el objetivo de bajar el recorrido del tubo central hasta 480 mm, y con el fin de no separar excesivamente los tetones, lo que implicaría una mayor flexión del elemento al que van soldados, se opta por retrasar la posición de los enganches acercándolos a los ejes de giro de las compuertas (en base a lo observado anteriormente en las maquetas). También se reduce la distancia de la guía vertical hasta los 10 mm.

Tras iterar con varias combinaciones se ha conseguido obtener un caso solución:

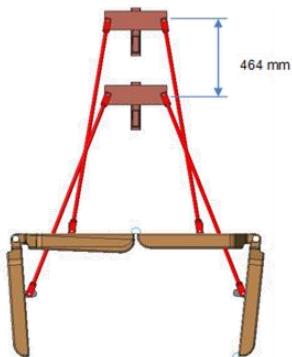


Fig. 3.18-Caso combinación

Los enganches se retrasan 40 mm respecto del centro de la compuerta, hacia el eje de giro, además los tetones del tubo central se colocan separados a una distancia de 350 mm.

Con esta configuración se consigue que el recorrido del tubo elevador sea de 464 mm, por tanto, cumple con el objetivo tanto de movimiento de apertura, como de recorrido del tubo elevador.

En la descarga, el ángulo total que gira la compuerta sin solapa es de 86° y el ángulo total que gira la compuerta con solapa es de 83.8° , por tanto, el desfase entre compuertas ha crecido, pero como se ha reducido la longitud de la guía vertical colocada en los enganches de la compuerta sin solapa, la holgura vertical entre compuertas es 20 mm.

3.4 Conclusiones finales del estudio

Tras el análisis realizado se ha modificado el conjunto de herrajes para conseguir una correcta descarga de los residuos del iglú, disminuyendo la posibilidad de perder residuos en el tránsito del contenedor hasta la posición de descarga encima del camión, y, además, disminuyendo el tiempo de apertura y cierre de las compuertas.

Estas mejoras se consiguen:

- ❖ Colocando dos enganches con guía vertical en la compuerta sin solapa
- ❖ Separando los tetones del tubo central

Imagen con la holgura horizontal entre compuertas, acotada en la posición inicial

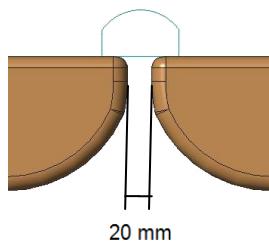


Fig. 3.19-Posición inicial

Imagen con la holgura vertical entre compuertas, acotada cuando baja la guía vertical

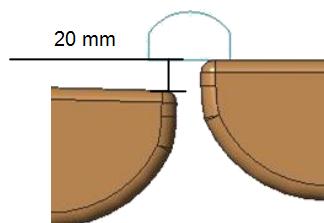


Fig. 3.20-Baja la guía vertical

Imagen con la holgura entre compuertas, acotada en la posición más problemática

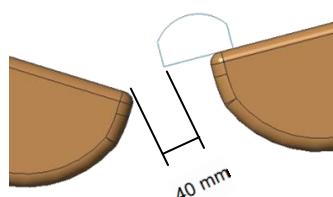


Fig. 3.21-Posición más problemática

4. Apertura de las tapas de usuario

4.1 Admisión de residuos

La admisión de los residuos dentro del contenedor se realiza a través de unos alojamientos que se disponen en la parte superior del mismo, llamados “bocas de admisión”, que en ocasiones llevan una tapa adicional para evitar salida de malos olores y entrada de agua. Para equilibrar el conjunto se decide colocar dos bocas de admisión, una en cada lado.



Fig. 4.1-Bocas de admisión sin tapa



Fig. 4.2-Bocas de admisión con tapa

Las tapas a colocar deben ser abiertas por el usuario en el momento de la admisión, es decir, que cuando el contenedor se encuentra en reposo deben estar cerradas. La apertura se realizará a través de un pedal colocado en la parte baja del contenedor. Uno de los criterios utilizados en su diseño es que, aunque se coloque el sistema de apertura de las tapas a través de un pedal, esto no debe restringir la posibilidad de abrir las tapas de forma manual.

4.2 Tipos de tapas

En el mercado se encuentran distintos tipos de tapas para realizar esta función, como pueden ser la tapa abatible, la tapa rotativa o la tapa buzón.



Fig. 4.3-Tapa abatible



Fig. 4.4-Tapa rotativa



Fig. 4.5- Tapa buzón

En el contenedor se han tomado como referencia unas tapas de admisión abatibles.

4.3 Diseño y desarrollo del sistema de apertura

Para que la fuerza que realiza el usuario pisando el pedal sea transmitida hacia la parte superior, se ha pensado en dos opciones:

1. Sirga: permite transmitir esfuerzos de tracción.
2. Barra rígida: permite transmitir esfuerzos de tracción y de compresión.

Tras sopesar las ventajas y desventajas de cada opción se decide utilizar sirgas para realizar la apertura de las tapas. Éstas son mucho más ligeras, tienen menor coste y son más fáciles de manejar y montar.

El mecanismo diseñado no debe sobrepasar la mitad de la profundidad del contenedor, de forma que en el otro lado también pueda colocarse, para abrir la otra tapa.

4.3.1 Diseño inicial del mecanismo de apertura

El diseño inicial del mecanismo de apertura se compone de la tapa de usuario, el pedal de accionamiento y la sirga de transmisión de esfuerzos. A estos elementos se les añaden dos tiradores a cada lado de la tapa y otros dos actuadores a cada lado del pedal.

Los tiradores tienen como objetivo el sujetar los extremos de la sirga. Además, estos tiradores deben transmitir el esfuerzo desde los laterales del contenedor, hasta el lugar donde se encuentra la tapa, de forma que la sirga quede siempre por detrás de los refuerzos laterales, para no entorpecer el vaciado de los residuos.

Se hace coincidir el eje de giro de tapa y pedal con el eje de giro de tiradores y actuadores.

En cuanto al ensamblaje del mecanismo, y en concreto de las tapas sobre la campana, cabe destacar que la geometría estética de dicha campana limita el mecanismo y su posterior montaje. Viendo la campana en alzado, esta presenta un redondeo en su parte más alta que impide que los tiradores se coloquen en la parte más alta de las tapas.

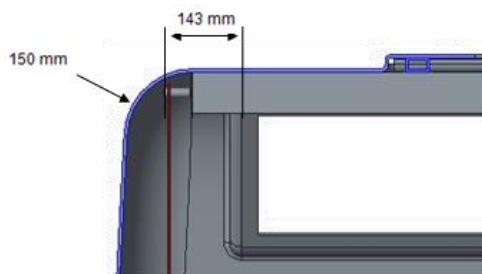


Fig. 4.6-Dimensiones con la campana

4.3.2 Maqueta de movimiento plano

Teniendo en cuenta las limitaciones vistas en el apartado anterior, se realiza una maqueta a escala 1:5 del contenedor, para comprobar el movimiento plano del mecanismo de una manera sencilla y rápida.

Se toma como objetivos que el pedal baje menos de 30 cm y que la apertura de la tapa sea al menos de 500 mm.

La maqueta utilizada es válida para las tres capacidades del contenedor, ya que se ve desde el perfil derecho del contenedor, el cual, se mantiene constante en todas las capacidades.

Tras realizar varias iteraciones, se consigue llegar a un caso que cumple con las condiciones anteriores:

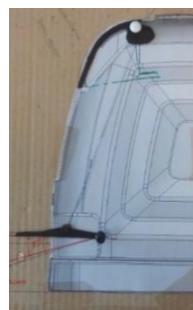


Fig. 4.7-Tapa cerrada



Fig. 4.8-Tapa abierta

Se llega a la conclusión de que las medidas aproximadas de los tiradores de la tapa deben estar en torno a los 10 mm y en el caso de los actuadores del pedal, en torno a 40 mm medidos en la maqueta.

4.3.3 Modelado en ordenador

En este apartado se analiza en detalle mediante CAD el mecanismo de apertura de las tapas de usuario, escalando los datos obtenidos anteriormente.

4.3.3.1 Descripción de los elementos

La tapa usuario es un elemento tomado como referencia desde el principio del TFG. Ésta recibe el movimiento a través de los tiradores de la tapa.	El pedal es el elemento responsable de iniciar la apertura. El usuario lo acciona con el pie, ejerciendo una fuerza vertical hacia abajo.	
Los actuadores del pedal se colocan uno a cada lado del pedal. Dichos actuadores giran solidarios con este gracias a un pasador. Además, tienen un taladro en el cual se une la sirga, para transmitir el movimiento hacia la parte superior.	Los soportes del pedal se fijan sobre los refuerzos laterales, gracias a las tuercas soldadas de las que disponen y servirán para enhebrar cada uno de los actuadores respectivamente, haciendo de soporte de giro del pedal.	Los tiradores de la tapa giran solidarios con ella, gracias a unos pasadores. Tienen una pletina con un taladro, en el cual se unirá el otro extremo de la sirga que viene de los actuadores del pedal.

Tabla 4.1-Descripción de los elementos que forman el mecanismo

Las sirgas unen los actuadores del pedal con los tiradores de la tapa para transmitir las fuerzas desde la parte inferior del mecanismo, hacia la parte superior, una a cada lado del mecanismo. La longitud de la sirga es de 1248 mm.

4.3.3.2 Modificaciones en el conjunto

Cada eje de giro debe tener como mínimo dos puntos de apoyo, por tanto, los tiradores (que también realizan la función de eje, tal y como se ha visto en la explicación anterior) deben tener al menos dos puntos de sujeción en el conjunto. Para conseguirlo cada tirador atravesará la pared del contenedor para llegar a las tapas de admisión, dicho taladro servirá como primer punto de apoyo. El segundo punto se consigue modificando la geometría de los refuerzos laterales, de forma que puedan alojar dichos tiradores. Se muestran imágenes del diseño en el apartado 4.3.3.2 *Modificaciones en el conjunto* del ANEXO.

El caso del pedal es análogo. El primer punto de apoyo se consigue añadiendo un herraje con tuercas soldadas para facilitar el montaje, que servirá de apoyo para cada uno de los actuadores del pedal. El segundo apoyo será un taladro realizado en la propia pared de la campana. Se muestran imágenes del diseño en el apartado 4.3.3.2 *Modificaciones en el conjunto* del ANEXO.

4.3.3.3 Diseño del pedal

Se ha diseñado el pedal teniendo en cuenta varias consideraciones

- El pedal debe ser externo y entrar por los laterales del contenedor para evitar que se perjudique la descarga de los residuos.
- Además, se ha tomado como criterio que disponga, al menos, de una distancia de 150 milímetros hasta la campana de referencia, para que el usuario pueda hacer la fuerza con el centro del pie.

4.3.3.4 Diseño del actuador del pedal

Para el diseño de los actuadores que utilizan los pedales, se ha tenido en cuenta:

- Debe transmitir el movimiento de giro desde el pedal hasta la sirga.
- Se mantendrá solidario al eje mediante pasadores, por lo que se le debe realizar un taladro pasante en el tubo.

4.3.3.5 Diseño del tirador de la tapa

Para el diseño de los tiradores de las tapas, se tiene en cuenta:

- La longitud del tubo del tirador que enhebra en la tapa, no debe superar los 220 milímetros que tiene el hueco de la campana. Esta limitación es por motivos de montaje.
- Se mantendrá solidario a la tapa mediante tornillos, por lo que se le debe realizar un taladro pasante en el tubo.

4.3.3.6 Diseño del soporte del pedal

Los soportes del pedal sirven como apoyo a los actuadores del pedal y así permitir el giro.

4.3.3.7 Conjunto del mecanismo de apertura

Ahora se modela el mecanismo de apertura tomando como referencia la geometría utilizada en la maqueta y se dimensiona para que cumpla con los objetivos expuestos anteriormente. Tras realizar varias iteraciones se consigue un mecanismo de apertura solución, que a continuación se muestra visto de perfil, en varias posiciones:



Fig. 4.9-Tapa cerrada



Fig. 4.10-Tapa en posición intermedia



Fig. 4.11-Tapa abierta

La posición intermedia no se ha tomado al azar. Se ha elegido la posición del mecanismo cuando el centro de gravedad de la tapa está situado en la horizontal con el eje de giro de dicha tapa.

Por último, se añade una figura del mecanismo de apertura cuando está totalmente abierto con la campana exterior, para comprobar que el hueco que queda entre las tapas y las bocas de admisión es lo suficientemente grande como para realizar el llenado del contenedor:

Tras el dimensionado realizado en el mecanismo, los resultados obtenidos son que:

- El pedal gira $27,8^\circ$, lo que supone bajar 24 cm respecto de la horizontal
- La longitud del hueco que dejan las tapas respecto de la boca de admisión de la campana es de 506 mm.

Con estos resultados se puede asegurar que el mecanismo de apertura cumple con el objetivo buscado.

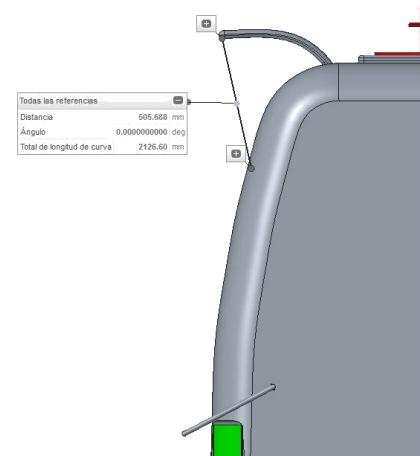


Fig. 4.12-Mecanismo abierto con la campana

4.3.4 Cálculo de fuerzas en el mecanismo de apertura

Tras dimensionar el mecanismo para obtener la apertura deseada, debe comprobarse que además cumple satisfactoriamente con las siguientes situaciones:

1. La fuerza que tiene que ejercer el usuario para abrir la tapa de usuario es menor de 100 N.
2. La tapa no se abre sola cuando está cerrada
3. La tapa se cierra sola cuando está abierta.

Para comprobarlo se analiza el equilibrio de fuerzas en las tres posiciones vistas anteriormente. Ésta comprobación se ha hecho varias veces, dado que en una primera instancia el diseño no cumplía con la fuerza a ejercer por el usuario. Se muestra en la memoria solo el caso de posición para tapa cerrada. Los casos de posición intermedia, y tapa abierta se encuentran en el apartado *4.3.4 Cálculo de fuerzas en el mecanismo de apertura* del ANEXO.

4.3.4.1 Equilibrio de fuerzas para la tapa cerrada:

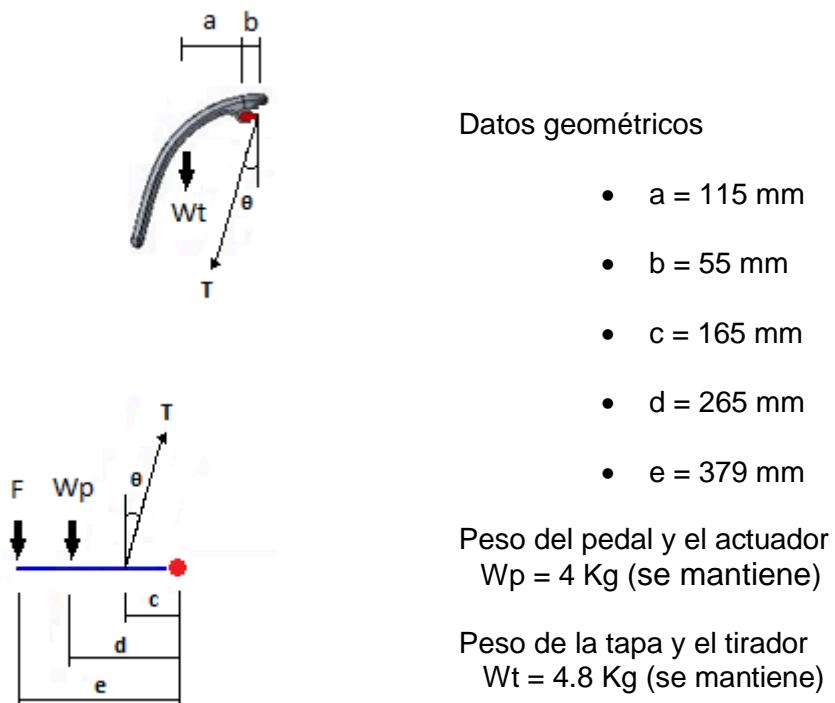


Fig. 4.13-Equilibrio de fuerzas

Tapa

$$\sum M_z = 0; (Wt * a) - (T * \cos \theta * b) = 0 \rightarrow T = (Wt * a) / (\cos \theta * b)$$

Pedal

$$\sum M_z = 0; (F * e) + (Wp * d) - (T * \cos \theta * c) = 0 \rightarrow T = ((F * e) + (Wp * d)) / (\cos \theta * c)$$

Igualando ambas ecuaciones se obtiene la fuerza que debe hacer el usuario:

$$(Wt * a) / (\cos \theta * b) = ((F * e) + (Wp * d)) / (\cos \theta * c)$$

$$(Wt * a) / b = ((F * e) + (Wp * d)) / c \rightarrow F = ((Wt * a * c) / (b * e)) - ((Wp * d) / e)$$

$$F = ((4.8 * 115 * 165) / (55 * 379)) - ((4 * 265) / 379) = 4.37 - 2.8 = 1.57 \text{ Kg} = 15.7 \text{ N}$$

Ahora se comprueba que la tapa no se abre sola cuando está cerrada. Para que esto suceda, tiene que cumplirse que el momento ejercido por el peso de la tapa y sus tiradores es mayor que el momento ejercido por el peso del pedal y sus actuadores:

$$Mt = Wt * a = 4.8 * 115 = 552 \text{ Kg} \cdot \text{mm} = 5520 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$Mp = (Wp * d * b) / c = (4 * 265 * 55) / 165 = 353.3 \text{ Kg} \cdot \text{mm} = 3533 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Por tanto, se puede asegurar que la tapa no se abre sola cuando está cerrada.

Para abrir la tapa manualmente es necesaria una fuerza:

$$F = (5520 - 3533) / 291 = 6.8 \text{ N}$$

Tras realizar el equilibrio de fuerzas del mecanismo de apertura en todas las posiciones, se conoce la fuerza máxima que tiene que soportar la sirga para su correcto funcionamiento, por tanto, es aquí cuando se escoge el diámetro de dicha sirga:

Posición cerrada

$$T = (Wt * a) / (\cos \theta * b) = (4.8 * 10 * 115) / (\cos (20.93) * 55) = 107 \text{ N}$$

Posición intermedia

$$T = (Wt * a) / (\cos \theta * b) = (4.8 * 10 * 134.8) / (\cos (20.4) * 50.4) = 137 \text{ N}$$

Posición abierta

$$T = (Wt * a) / (\cos \theta * b) = (4.8 * 10 * 106.3) / (\cos (19.8) * 17.4) = 312 \text{ N}$$

Se colocarán sirgas de 2 mm de diámetro que son capaces de soportar 2390 N según "IZAJES Y TRANSMISIONES S.A." que es el fabricante.

4.4 Conclusiones en la apertura

El mecanismo de apertura de las tapas diseñado cumple con los requisitos impuestos desde el principio. Dichos requisitos se han elegido para facilitar el uso del contenedor por parte del usuario.

El conjunto de elementos que forman el mecanismo de apertura está diseñado para que los operarios encargados del montaje realicen su labor de una manera sencilla.

Para adecuar el mecanismo de apertura de las tapas a las tres capacidades, la única variación respecto al diseño mostrado para el contenedor de 3600 litros, será el pedal, dado que, en las capacidades de 2800 litros y 2100 litros, su longitud será menor.

5. Montaje del conjunto de los herrajes

En esta fase del trabajo se explica de forma secuencial, los pasos que deben ir siguiendo los operarios para montar de forma correcta el conjunto de los herrajes en el contenedor.

Para realizar el montaje de las distintas partes del conjunto de los herrajes, hasta obtener el contenedor listo para su uso, será necesaria la colaboración de dos operarios trabajando en equipo.

5.1 Lista de elementos

Antes de comenzar el montaje es necesario comprobar que se dispone de todos los elementos necesarios para realizar el montaje del conjunto:

Elementos	Ud.	Elementos	Ud.
Campana	1	Tornillos M8x60 (Ref. esquina y T. usuario)	12
Compuertas	2	Tornillos M8x25 (T. interior y Soportes)	24
Tapas	2	Tuercas M8	4
Tubo elevador	1	Tornillos M16x90 (Tubo elevador)	1
Soporte elevador	1	Tuercas M16	1
Refuerzo del techo	1	Tornillos M20x40 (Tirantes)	4
Tubo central	1	Tornillos M20x70 (Soporte y R. techo)	4
Refuerzos laterales	4	Tuercas M20	8
Tirantes	4	Tapes roscados M20 (R. techo y T. central)	6
Refuerzos de la esquina	4	Pasadores (Tiradores y Actuadores)	8
Pletina interior	4		
Enganches	4		
Pedal	2		
Actuadores del pedal	4		
Soportes del pedal	4		
Sirgas	4		
Tiradores de la tapa	4		

Tabla 5.1-Lista de elementos

5.2 Pasos a seguir

En la memoria solo se incluye una secuencia de los pasos a seguir. En el apartado 5.2 *Pasos a seguir* del ANEXO, se encuentran ilustrados cada uno de estos pasos, coloreando en rojo el elemento que se monta en cada uno de ellos.

1. Para comenzar a montar correctamente, los operarios deben tumbar la campana en el suelo para poder acceder al interior cómodamente.
2. Una vez está tumbada la campana, un operario entra en el interior y sujetá el refuerzo del techo en la posición correcta, simultáneamente el otro operario coloca el soporte del sistema Kinshofer. Cuando ambos elementos están en la posición deseada se atornillan, haciendo sándwich con la campana.
3. Premontar fuera de la campana, los tiradores de la tapa usuario, colocando un pasador provisional para que los tiradores no se salgan del refuerzo

lateral, y los soportes del pedal, atornillados. En cada uno de los cuatro refuerzos laterales.

4. Un operario se encarga de sujetar una tapa de usuario, mientras el otro introduce los dos tiradores de la tapa (que están premontados en los refuerzos laterales), una vez colocados en su posición se fijan a través de pasadores y se sujeta la tapa con cinta de embalaje para que se mantenga cerrada durante la manipulación del conjunto. Este paso se tiene que repetir para la otra tapa de usuario.
5. Enhebrar los refuerzos laterales en el refuerzo del techo y colocar las tuercas que hacen de tope.
6. Colocar un calzo en la parte baja de la campana, dejando espacio suficiente para colocar los refuerzos de la esquina
7. Mientras un operario sujetá la primera compuerta (el tubo bisagra viene premontado), el otro operario coloca la pletina interior y el refuerzo de la esquina, de ambas esquinas. Posteriormente se insertan los refuerzos laterales correspondientes y se fija todo el conjunto con los tornillos que enroscan en las tuercas soldadas de las pletinas. Al terminar este paso, se repiten las mismas operaciones en la otra compuerta.
8. Premontar los cuatro actuadores del pedal sobre los soportes del pedal, de forma que atraviesen también el taladro realizado en el lateral de la campana, colocar un pasador provisional para que no se salgan de sus alojamientos.
9. Colocar las cuatro sirgas que unen los tiradores de las tapas, con los actuadores de los pedales.
10. Desde el exterior del contenedor, insertar el tubo elevador a través del soporte Kinshofer.
11. Insertar el tubo central en el tubo elevador. Posteriormente colocar el tope en la parte baja del tubo elevador.
12. Enhebrar los cuatro tirantes al tubo central y colocar las tuercas que hacen de tope.
13. Montar los enganches en las compuertas y sujetar los extremos libres de los tirantes a dichos enganches.
14. Cerrar las compuertas, quitar el calzo y colocar el iglú en posición de reposo.
15. Montar los pedales y fijar su posición con los topes de los actuadores.

5.3 Tapas interiores

Cuando ya se tiene el conjunto básico de los herrajes montado tal y como se ha explicado, existe la posibilidad de colocar las tapas interiores. Cuando se opta por colocar las tapas interiores, se tiene que añadir esta etapa al final del montaje.

16. Atornillar ambos lados de cada una de las tapas a las tuercas soldadas que tienen los refuerzos laterales.

6. Conclusiones

Tras finalizar el presente TFG se exponen a continuación las conclusiones.

6.1 Conclusiones acerca del diseño de los herrajes básicos

Los herrajes diseñados son capaces de pasar la normativa europea, por lo que pueden ser vendidos en cualquiera de los países que actualmente forman la Unión Europea. Para ello se han realizado ensayos de elementos finitos a todo el conjunto, e incluso a los dos elementos más críticos de manera individual. En ninguno de los ensayos se superan los 350 MPa tomados como límite elástico para el acero. Tampoco se han llegado a alcanzar los 15 mm de desplazamiento máximo en ninguno de los casos. Obsérvese que el factor de seguridad tenido en cuenta es el fijado por la normativa europea: 3.5 para la elevación del iglú y 1.5 para la descarga del mismo.

A continuación, se muestra la imagen que forma el conjunto de herrajes del iglú:

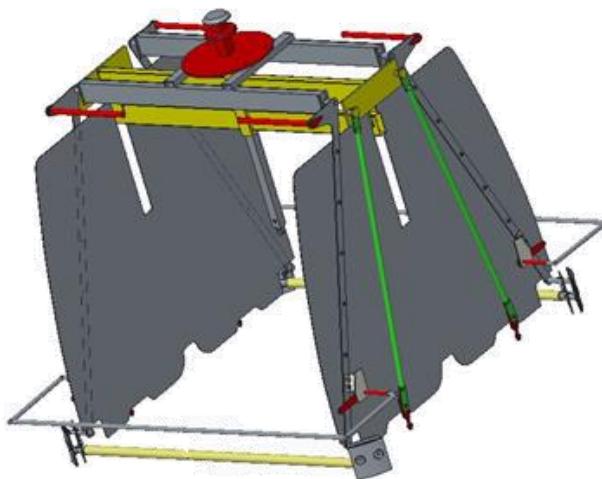


Fig. 6.1-Herrajes para el contenedor de 3600 litros, para residuos pesados

En la tabla se resumen el peso del iglú en kilogramos, según la capacidad y el tipo de residuo alojado.

Iglú	Herrajes básicos	Mecanismo apertura usuario (x2)	Tapa Interior(x2)	Peso Total
Caso A (3600 l, residuos pesados)	120.1	11.3	26	≈158
Caso B (3600 l, residuos ligeros)	102.9	11.3	26	≈140
Caso C (2800 l, residuos pesados)	104.3	11.3	26	≈142
Caso D (2800 l, residuos ligeros)	89.8	11.3	26	≈127
Caso E (2100 l, residuos pesados)	93.7	11.3	26	≈131

Tabla 6.1-Pesos del conjunto

6.2 Conclusiones acerca de los herrajes para apertura de compuertas

Para realizar la descarga de los residuos se ha diseñado un sistema de apertura de las compuertas compuesto por cuatro tirantes, un tubo central, un tubo elevador y cuatro enganches, además del sistema Kinshofer que montan comercialmente en este tipo de contenedores. Los enganches de las compuertas serán dos con guía vertical (colocados en la compuerta sin solapa) y dos con taladro fijo. Gracias a este sistema la solapa que se recomienda colocar en una de las compuertas no provoca colisión en la otra durante la apertura y el cierre, ya que queda una holgura de 40 mm entre ellas, en la posición más problemática.

Los datos más relevantes del sistema de descarga de los residuos se muestran en la siguiente tabla:

Característica	Valor
Separación entre los tetones del tubo central	350 mm
Longitud de la guía vertical de los enganches	10 mm
Holgura vertical entre compuertas ocasionada por los enganches	20 mm
Recorrido del tubo elevador para realizar la descarga	464 mm
Ángulo girado por la compuerta con solapa	83.8 °
Ángulo girado por la compuerta sin solapa	86 °

Tabla 6.2-Datos de interés en la descarga

6.3 Conclusiones acerca de los herrajes para la apertura de tapas de usuario

Para abrir las tapas de usuario que mantienen aisladas las bocas de admisión se ha colocado un mecanismo de apertura accionado a través de un pedal. También está formado por actuadores del pedal, soportes del pedal, sirgas y tiradores de la tapa. El mecanismo es independiente en cada una de las dos tapas. En la imagen inferior se muestra el contenedor visto de perfil con ambas tapas de usuario totalmente abiertas.

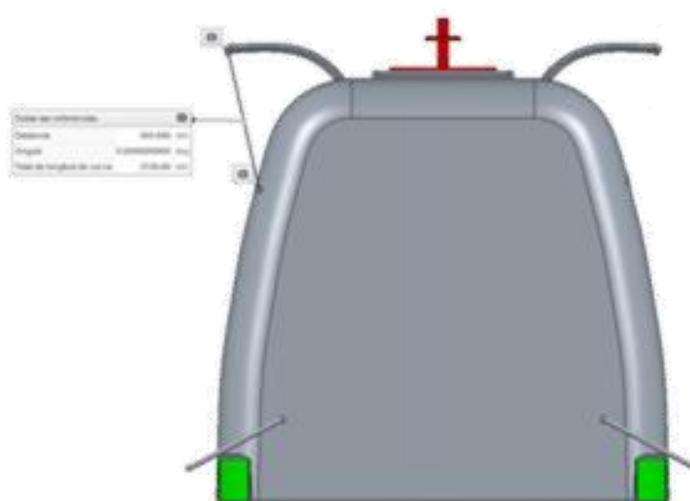


Fig. 6.2-Hueco de admisión

Las características más relevantes sobre dicho mecanismo de apertura aparecen en la siguiente tabla:

Característica	Valor
Apertura máxima de las tapas de usuario	506 mm
Ángulo girado por el pedal	27.8 °
Fuerza máxima a realizar por el usuario	99.4 N
Peso del mecanismo de apertura	5.65 Kg

Tabla 6.3-Datos de interés del mecanismo de apertura de la tapa usuario

Cuando el mecanismo mantiene las tapas de usuario cerradas y el usuario no realiza ninguna fuerza, el mecanismo diseñado se mantiene cerrado, y se cierra por gravedad cuando está en cualquier otra posición.

6.4 Conclusiones generales

Los herrajes diseñados permiten formar una isla completa de recogida separada con diferentes combinaciones de capacidades, y con distintas posibilidades dentro de los herrajes de cada iglú. Esta flexibilidad ofrecida, es un punto a favor, ya que permite al cliente elegir la opción que más se le adecue. Por ejemplo, se muestra a continuación como serían los conjuntos sin las tapas interiores, o sin las tapas interiores y sin los mecanismos de apertura de las tapas de usuario.

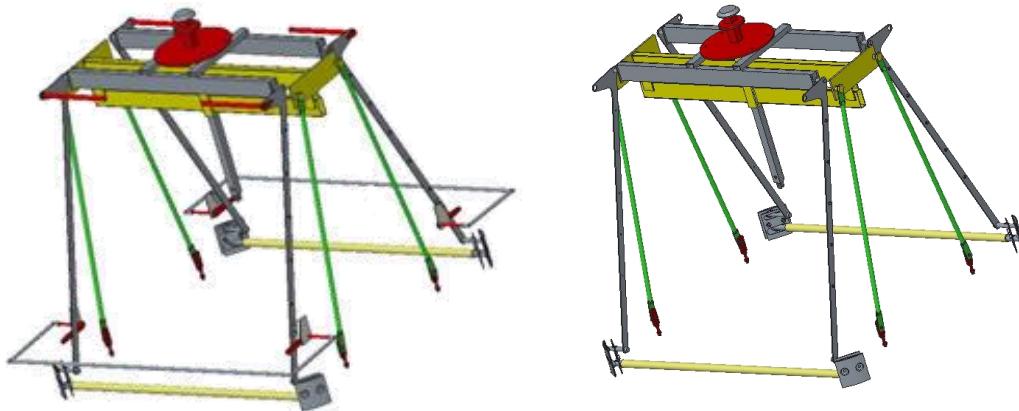


Fig. 6.3-Conjunto de herrajes con pedales y sin pedales, ambos sin tapas interiores

7. Líneas futuras de trabajo

El presente TFG se da por finalizado tras el diseño y dimensionado de los herrajes necesarios para la elevación del iglú, la descarga de los residuos y la apertura de la tapa usuario.

Sin embargo, siguiendo la lógica del diseño mecánico en un conjunto como éste, el cálculo y diseño de las distintas partes, deberá validarse mediante el ensayo de los prototipos necesarios, donde se considerarán cuestiones de detalle como la soldadura, defectos de fabricación, etc.

Los elementos de referencia que se han utilizado, no se han ensayado ni se ha llevado a cabo un diseño en detalle. Por tanto, se presentan estas partes plásticas (campana, tapas de usuario y compuertas), como elementos a profundizar de cara a futuro, tanto desde el punto de vista mecánico como el estético.

Una mejora en el cierre de las tapas de usuario sería estimar la velocidad de caída de la tapa, de forma que se pueda evaluar si es necesaria o no, la colocación de un amortiguador.

Respecto a las personas con discapacidad física, si bien es cierto que la altura de las bocas de admisión está dentro del rango marcado por la normativa europea (la UNE-EN 13071-1:2008 marca una altura máxima de 1200 mm), podría añadirse una palanca u otro sistema que facilite la apertura de las tapas de usuario desde una posición ergonómica para un usuario en silla de ruedas.

8. Bibliografía de la memoria

Fuente	Fecha de consulta
[1] http://www.contenur.com/	Dic 2015-Ene 2016
[2] http://www.dulesystem.com/	Dic 2015-Ene 2016
[3] http://www.kinshofer.com/	Dic 2015-Ene 2016
[4] Norma UNE-EN 130071/1: 2008. "Contenedores fijos de residuos con capacidad hasta 5000 l, elevados por la parte superior y vaciados por la parte inferior."	

Se detallan a continuación textos y artículos consultados, que no se encuentran referenciados en la memoria, dado que se han servido para completar y aclarar conocimientos, y desarrollar el conjunto del TFG.

- Javier Castany Valeri, Ángel Fernández Cuello, Francisco Serraller Sánchez, "Principios de diseño en el proyecto de máquinas". Prensas Universitarias de Zaragoza, 1999.
- Budynas, Richard G., "Diseño en ingeniería mecánica de Shigley". McGraw-Hill, 2012.
- Deutschman, Aaron D., "Diseño de máquinas: teoría y práctica". Compañía Editorial Continental S.A, 1985 (imp. 1989).
- Felix Sanz Adan y José Lafargue Izquierdo, "Diseño Industrial: Desarrollo del producto". Ediciones Paraninfo, 2002.
- José M. Auría Apilluelo, Pedro Ibáñez Carabantes, Pedro Ubieto Artur, "Dibujo Industrial Conjuntos y despieces". Ediciones Paraninfo, 2000.
- Jorge Aísa, Carlos Javierre, José Antonio De La Serna, "Diseño, industrialización y ensayo de grandes contenedores de residuos sólidos urbanos." 2006

Además de la bibliografía anteriormente mencionada se ha tenido acceso a:
Los documentos técnicos del TIIP (Estudios anteriores, planos, esquemas de montaje, etc.) y los apuntes de todas las asignaturas del Grado.