

Universidad de La Laguna
Escuela Politécnica Superior de Ingeniería
Sección de Náutica, Máquinas y Radioelectrónica Naval

**Trabajo presentado para
la obtención del título de:**

**GRADUADO EN
TECNOLOGÍAS MARINAS**

Estabilizador de Botes Salvavidas

Presentado por

Miguel Daniel Rodríguez Ramos
Diego Jesús González Rodríguez

Dirigido por

Carlos Efrén Mora Luis

Presentado en Junio de 2015

Resumen

Este trabajo intenta aportar nuevas ideas para la mejora de la seguridad en los buques de pasaje en lo que respecta al abandono del buque. Se centra en el desarrollo de un dispositivo estabilizador para permitir arriar los botes en el caso de buques con grandes escoras, permitiendo el descenso de los botes salvavidas independientemente del grado de escora del buque.

El dispositivo planteado en este trabajo dispone de un almacén destinado a sujetar el bote por su fondo, permitiendo su adrizado mediante un dispositivo hidráulico junto a unos brazos especialmente diseñados para apoyar todo el peso del bote en el costado del buque, estabilizándolo. Los brazos estabilizadores pueden accionarse de forma manual garantizando una operación completamente independiente del buque y del pescante.

A fin de minimizar la fricción en el proceso de arriado, los brazos estabilizadores disponen de ruedas, a la vez que el bote queda sujeto de los cables del pescante. Una vez en el agua, el dispositivo puede soltarse mediante zafas desde el interior del bote para no interferir en su navegabilidad.

Mediante esta invención, es posible arriar un bote cuanto la pendiente del costado supera los 20° , facilitando la evacuación de pasajeros y tripulantes en accidentes similares al Costa Concordia, pudiendo instalarse en cualquier buque que disponga de botes salvavidas arriables por sus costados. El dispositivo permite un accionamiento manual o asistido, cumpliendo con el capítulo 3 del Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar (SOLAS).

Esta invención supera los problemas que plantean los dispositivos conocidos en la actualidad, a través de un diseño que es a la vez robusto y permite adaptarse a cualquier ángulo de escora. No obstante, con pequeños ángulos el bote se arriará de forma convencional.

Abstract

The device has a chasis designed to hold the lifeboat from its bottom. This permits leveling the lifeboat by means of an hydraulic arm designed to support its weight. The actioning can be performed by hand, so it is absolutely independent from the vessel that it is attached to.

To minimize friction effects, the stabilizing arms have wheels designed to support all the weight when the life boat is also supported by the cables of the davit. When the lifeboat has arrived to the water, the device can be easily detached for not to interfere its maneuvering.

The device minimizes the problems associated when trying to lower the lifeboats when the ship inclined more than 20 degrees. This eases the evacuation of the passengers from the ship and the crew. It can be installed in any ship that uses lifeboats on its sides. The device works independently from the ship, and can be actioned by hand o by an electrical hydraulic pump, complying with SOLAS Chapter 3.

This device solves the problems associated by other devices used to lower the lifeboats when the ships is very inclined: friction, increase of weight and difficulties in the operation. Its design is robust and flexible, so it can be dynamically adapted to any angle. When the angle of the ship is small, the device does not interfere with its normal operation.

Índice general

Lista de figuras	IX
Lista de tablas	XI
Acrónimos	XIII
1. Motivación	1
1.1. Acontecimientos	2
2. Introducción y antecedentes	5
2.1. Introducción	5
2.2. Antecedentes	5
3. Normativa	9
3.1. Convenio Internacional para la Seguridad y Vida Humana en el Mar SOLAS	9
3.2. Código sobre Dispositivos de Salvamento Código internacional de dispositivos de salvamento (IDS)	9
4. SOLUCIÓN PROPUESTA	11
4.1. Descripción del dispositivo	11
4.2. Ejemplo de aplicación	12
4.2.1. Cálculo de fuerzas de la estructura	12
4.2.2. Cálculo del sistema hidráulico	15
4.3. Características de los distintos elementos del dispositivo	19
4.4. Limitaciones del dispositivo	20
4.4.1. Limitación por la carrera del pistón	20
4.4.2. Limitación por sobrepresión	21
4.4.3. Limitación por sobrepeso del dispositivo	21
4.5. Mejoras del dispositivo	21

4.5.1. Aligeramiento del dispositivo	22
4.5.2. Desplazamiento de rueda	22
4.5.3. Estabilizador automático	22
5. Conclusiones	25
Anexos	29
A. Planos	29
B. Cálculos	35
C. Solicitud de patente	39
Bibliografía	43

Índice de figuras

1.1. Botes salvavidas fuera de servicio del Costa Concordia	1
2.1. Patente de Schat (1930)	6
2.2. Propuesta de Morris (2013)	7
2.3. Funcionamiento del dispositivo	7
2.4. Brazo desplegado	8
4.1. Descripción del dispositivo	12
4.2. Parámetros para el cálculo de fuerzas	13
4.3. Gráfica de fuerzas en la parte más extrema del brazo	14
4.4. Gráfica de fuerzas en el pistón hidráulico	14
4.5. Pistón hidráulico	16
4.6. Central hidráulica	17
4.7. Esquema hidráulico	18
4.8. Acoples rápidos	18
4.9. Zafas del dispositivo	20
4.10. Centros de gravedad del bote y dispositivo sin contrapeso	21
4.11. Desplazamiento de rueda del dispositivo	23
4.12. Diagrama de bloques	23
A.1. Descripción de los elementos del dispositivo	30
A.2. Vista del dispositivo	31
A.3. Vista del dispositivo	32
A.4. Vista del dispositivo	33
A.5. Vista del dispositivo	34
B.1. Cálculos de Fuerzas F_1 y F_p	37
B.2. Cálculo Hidráulico	38
C.1. Instancia de solicitud	41

Índice de tablas

4.1. Datos técnicos	12
4.2. Datos técnicos del pistón	15
4.3. Características Técnicas de central hidráulica	17
4.4. Características del soporte del Bote	19
4.5. Características del brazo basculante	19
4.6. Densidades de los materiales:	22

Acrónimos

CAD diseño asistido por ordenador

SOLAS Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar

IDS Código internacional de dispositivos de salvamento

1 Motivación

A raíz del accidente del Costa Concordia nace la inquietud de cómo solventar alguno de los problemas del suceso. Surge una nueva perspectiva sobre la necesidad de revisar los sistemas de seguridad, en especial los buques de pasaje que transportan cientos de pasajeros a bordo, siendo una de las situaciones más difíciles de gestionar ya que no tienen ningún tipo de preparación en el abandono de buques.

En las imágenes de los días del accidente, emitidas por los diferentes medios de comunicación, se mostraron las dificultades de accionamiento de los botes arriables en el costado del buque. Con ello surge la cuestión de cómo es posible que no se puedan arriar, quedando totalmente inutilizados y dejando al pasaje en el buque sin darle opción al abandono. En este punto se plantea buscar una solución al arriado de botes con grandes escoras, ideando un dispositivo que, acoplado a los botes ya existentes en el mercado, permita arriar los botes y tenerlos operativos con escoras bastante acusadas (ver fig.1.1,[1]).



Figura 1.1: Botes salvavidas fuera de servicio del Costa Concordia

1.1 Acontecimientos

Un artículo de National Geographic relata lo sucedido en el accidente del Costa Concordia y aporta una visión global de los hechos [5].

La noche del viernes 13 de enero de 2012, alrededor de las 21.45 horas, poco después de salir del puerto de Civitavecchia y mientras buena parte del pasaje se disponía a cenar, el Costa Concordia colisionó contra una roca frente a la Isla del Giglio, en la costa de la Toscana.

El golpe provocó una fisura de 70 metros en un lado de la embarcación, una ranura por la que rápidamente comenzó a entrar agua en un episodio que guarda muchos paralelismos con la tragedia del Titanic, justo el año que se celebra el centenario de su hundimiento.

El Costa Concordia, que llevaba seis años navegando por el Mar Mediterráneo, era también un prodigio de la ingeniería naval: 112.000 toneladas, 69 metros de eslora y capacidad para 1.023 tripulantes y 3.208 pasajeros. El barco contaba además con cinco restaurantes, cuatro piscinas, 13 bares, un spa y hasta un simulador de Fórmula 1. Una verdadera ciudad flotante que se fue a pique en pocas horas.

Tras el choque, lo que parecía una pequeña inundación controlable se transformó enseguida en una catástrofe. El pánico se fue apoderando de los pasajeros del barco, que veían como el suelo se hundía hacia uno de los lados. La tripulación intentaba sembrar la calma entre los presentes, pero su intento fue fallido, el barco cada vez se hundía más y más, y decidieron evacuar a todo el mundo.

Cuando el crucero se giró 90 grados y encalló en un arrecife, los aterrorizados pasajeros que aún quedaban a bordo tuvieron que ser rescatados. Para algunos fue una evacuación rápida, pero para otros fue una historia completamente diferente. Una joven pareja de recién casados se vio atrapada en la embarcación y vagaron por el interior durante 24 largas y frías horas en la oscuridad buscando una salida, antes de ser rescatados por los servicios de salvamento. Por su parte, el comisario de a bordo, en un intento de ayudar a unos pasajeros, cayó a una habitación inundada. Desmayado, con una pierna rota y varias vértebras aplastada, todavía tuvo que esperar 36 horas para ser evacuado del barco.

Por otra parte, García Zubizarreta (2013) realiza un análisis de evacuación del Costa Concordia en su trabajo de fin de carrera, relatando los acontecimientos del cual se extraen estos párrafos [2]:

El abandono de la nave se produce por el costado de estribor, costado al cual esta escorando la nave. Según los testimonios de los supervivientes al accidente, la evacuación a los botes se produce de manera desorganizada. Los botes son llenados hasta sus capacidades máximas y posteriormente bajados hasta el nivel del agua. Se producen algunos accidentes por falta de coordinación.

A pesar de los problemas, muchos de los botes son puestos a flote.

Aún quedando una cantidad de pasajeros a bordo, la nave llega a un punto de escora en que la evacuación mediante los botes se hace imposible. Muchos saltan al agua para ser rescatados por las embarcaciones que allí se encuentran en las operaciones de rescate.

Finalmente, los únicos métodos de evacuación que quedan para los pasajeros que aún quedan a bordo son el helicóptero o una escala que baja por el costado de babor de la nave hasta el nivel del mar.

2 Introducción y antecedentes

2.1 Introducción

El presente trabajo tiene como objetivo solucionar los problemas que presentan los botes salvavidas en accidentes de buques de pasajes con grandes escoras. Para ello plantea un dispositivo que, acoplado al bote, permite arriarlo con escoras muy acusadas, adaptándose al costado del buque en condiciones de seguridad para el pasaje.

Inicialmente se analizan las fuerzas que intervienen en el dispositivo para así poder calcular las características de las distintas partes que lo componen.

El trabajo detalla la elección de los distintos componentes del sistema y describe sus características básicas. También determina cuáles son las limitaciones del dispositivo y las posibles mejoras para aumentar su efectividad. Finalmente se adjunta el documento de instancia de solicitud de patente, para proteger el derecho exclusivo de la invención, ya que aporta una nueva solución técnica a un problema.

2.2 Antecedentes

En la actualidad existen dispositivos estáticos que tienen las funciones de defensas, además de facilitar el arriado de los botes con escoras no superiores a 20° . Estos se denominan *skate* y siguen el concepto de una patente de principios del siglo XX. Ésta fue presentada por Schat Ane Pieter, quien ideó unos patines que se colocaban en la banda interior del bote para facilitar su arriado de forma manual en caso de que el buque se encontrara escorado, permitiendo a la embarcación deslizarse con menos resistencia por su costado [7]. Este diseño tiene el inconveniente de servir para un ángulo de escora fijo y no permite su operación con personas a bordo del bote (ver fig.2.1).

A.P. Schat nació en 1895 en Holanda, sirvió en la armada de su país y posteriormente fue práctico en Amsterdam durante la Primera Guerra Mundial, donde conoció la noticia del hundimiento del Titanic y de otros buques como el Lusitania. Esto le llevó a desarrollar sistemas más seguros para el arriado de los botes salvavidas que pudieran evitar más muertes, contribuyendo a hacer más seguros los barcos de su época.

En el 1917 se mudó a San Francisco (Estados Unidos) donde trabajó en un astillero hasta su vuelta a Holanda en 1923, en el que aprendió construcción



Figura 2.1: Patente de Schat (1930)

naval y creó su primer invento, montando su empresa Schat Patent, en la cual patentaría más de un invento relacionado con los botes salvavidas. En la actualidad la empresa que creó se conoce como Schat Harding y es el fabricante más reconocido de botes salvavidas y de pescantes, en especial para buques de pasaje [3].

Una solución mucho más reciente fue aportada por Morris (2013), quien desarrolló una alternativa para el arriado a grandes escoras [4]. Su modelo emplea varias ruedas para poder desplazarse nivelado por el costado del buque durante su arriado, esto es debido gracias a unos ejes telescópicos que nacen desde el interior del bote (ver fig.2.2).

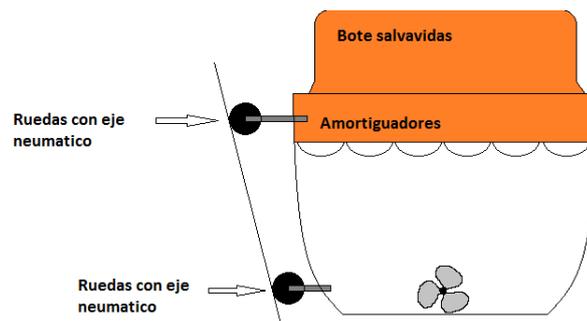


Figura 2.2: Propuesta de Morris (2013)

Durante el arriado del bote adrizado, Morris plantea que las dos ruedas superiores deben de estar sujetas a el eje telescópico, permitiendo así extenderse o retraerse dependiendo de la escora del buque. En las siguientes ilustraciones, podemos observar el bote arriado con una pequeña escora y su eje retraído; cuanto mayor es la escora, más se extenderán los ejes de las ruedas superiores (ver fig.2.3).

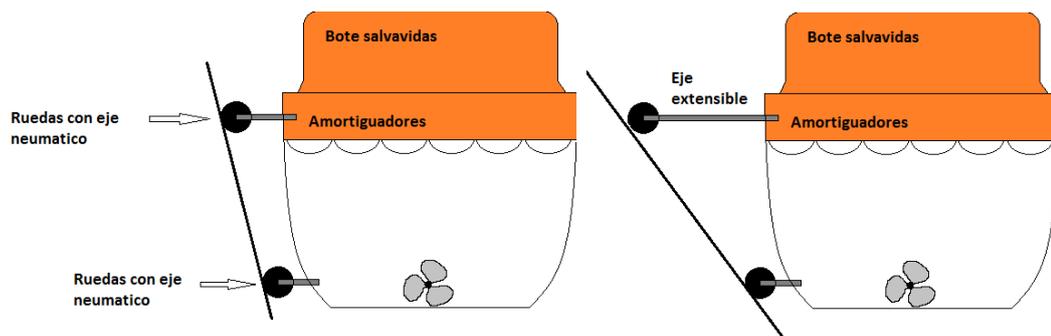


Figura 2.3: Funcionamiento del dispositivo

El brazo telescópico cumple dos funciones: la de mantener el bote lo más adrizado posible y, por otro lado, amortiguar cualquier golpe con el costado. Debido a que el dispositivo debe soportar al menos una aceleración lateral de $3,5 \text{ m/s}^2$ para cumplir con el código IDS, se le puede agregar un amortiguador al eje telescópico para absorber cualquier impacto contra el casco del buque (ver fig.2.4).

El eje de las ruedas superiores puede extenderse o retraerse mediante una manivela accionada por los ocupantes del bote desde su interior, con el objetivo de mantener el bote adrizado a medida que el buque va escorando.

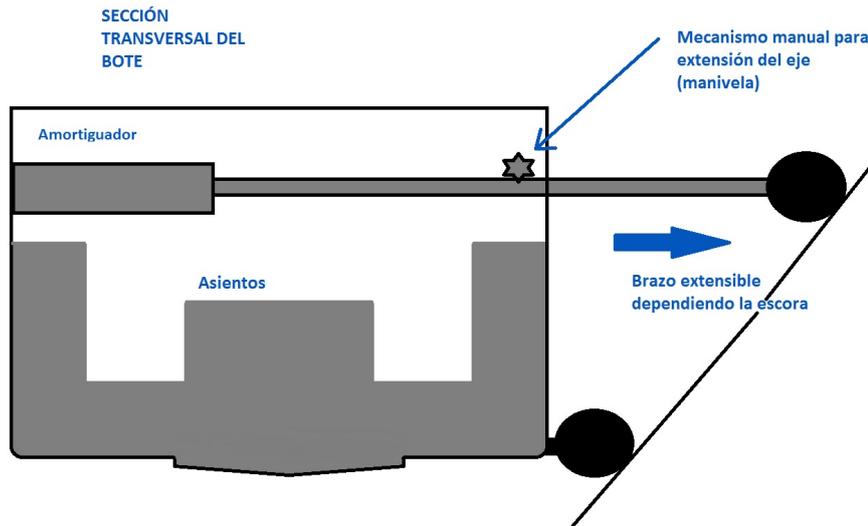


Figura 2.4: Brazo desplegado

El planteamiento de Morris, sin embargo es muy difícil de implementar con grandes escoras por la gran longitud que tendrían que alcanzar las barras que sujetan las ruedas. Esto imposibilita su instalación, creando un problema adicional, al no estar pensadas para soportar los esfuerzos de flexión a los que podrían estar sometidas en una situación real.

Otros problemas que presenta este dispositivo son:

- El dispositivo forma parte del bote salvavidas, lo que implica grandes modificaciones del bote para su instalación.
- El brazo telescópico en el interior del bote reduce la capacidad de asientos.
- Los brazos telescópicos han de sincronizarse para ser extendidos o retraídos.
- Limitación de longitud de los brazos telescópicos con escoras muy grandes.
- Los brazos telescópicos podrían presentar un grave peligro en caso de impacto con olas u otras circunstancias para las personas.

Este trabajo busca superar los problemas mencionados en los dispositivos anteriores dando solución a cada uno de ellos.

3 Normativa

Este trabajo se centra en el Convenio SOLAS y, dentro del mismo, en el Código IDS.

3.1 Convenio Internacional para la Seguridad y Vida Humana en el Mar SOLAS

En el convenio SOLAS vienen recogidas todas aquellas regulaciones que conciernen a la seguridad de la vida en el mar, incluyendo todo lo relacionado con la lucha contra incendios y salvamento marítimo.

El capítulo tercero hace referencia a los dispositivos y medios de salvamento, estando dividido en dos (A y B). La parte B se divide a su vez en 4 secciones: Las secciones de interés para el modelo son la I y II; la primera detalla los requisitos de los medios de salvamento en todos los buques y la segunda es específica para los buques de pasaje.

3.2 Código sobre Dispositivos de Salvamento IDS

El Código IDS recoge los aspectos y características que deben cumplir todos los equipos y elementos de salvamento marítimo desde los aros salvavidas, chalecos y pirotecnia hasta los botes, balsas o sistemas de evacuación marino.

Por ello, en este apartado se reflejan los epígrafes del código IDS [6] más relevantes en el diseño de la solución propuesta en el capítulo 4 de este trabajo:

4.4.1.6 *Excepto los botes salvavidas de caída libre, todo bote salvavidas que vaya a ser arriado con tiras tendrá la resistencia necesaria para soportar una carga, sin que al retirar ésta se produzca deformación residual, igual a:*

- *1,25 veces la masa total del bote cargado con su asignación completa de personas y de equipo, en el caso de botes de casco metálico.*
- *Dos veces la masa total del bote cargado con su asignación completa de personas y de equipo, en el caso de los demás botes.*

4.4.1.7 *Excepto los botes salvavidas de caída libre, todo bote salvavidas que vaya a ser arriado con tiras tendrá la resistencia necesaria para soportar, cargado con su asignación completa de personas y de equipo y, cuando proceda, sus patines o defensas colocados, un golpe lateral contra el costado del buque a una velocidad de choque de 3,5 m/s como mínimo, así como una caída al agua desde una altura mínima de 3 m.*

4.4.6.11 *Se proveerán medios que permitan recargar todas las baterías que haya para el arranque del motor, la instalación radioeléctrica y los proyectores. Las baterías de la instalación radioeléctrica no se utilizarán para suministrar energía para el arranque del motor. Se proveerán medios que permitan recargar las baterías de los botes salvavidas utilizando la fuente de energía del buque a una tensión que no exceda de 50 V y que puedan desconectarse en los puestos de embarco de los botes, o mediante un cargador solar de baterías*

4.4.7.9 *Los botes salvavidas destinados a ser puestos a flote por el costado del buque llevarán los patines y las defensas necesarios para facilitar la puesta a flote y evitar daños al bote.*

6.1.1.5 *El dispositivo de puesta a flote y sus accesorios, aparte de los frenos del chigre, tendrán la resistencia suficiente para soportar una carga estática de prueba de 2,2 veces como mínimo la carga máxima de trabajo.*

6.1.1.6 *Los elementos estructurales y los motones, tiras, cáncamos, eslabones, piezas de unión y demás accesorios utilizados en relación con el equipo de puesta a flote estarán proyectados con un factor de seguridad basado en la carga máxima de trabajo asignada y en la resistencia a la rotura del material utilizado en la construcción. Se aplicará un factor de seguridad mínimo de 4,5 a todos los elementos estructurales y un factor de seguridad mínimo de 6 a las tiras, cadenas de suspensión, eslabones y motones.*

4 SOLUCIÓN PROPUESTA

Esta solución, al contrario que los sistemas convencionales, admite cualquier ángulo de escora. Asimismo, al estar diseñado mediante un patín abatible, logra un diseño mucho más compacto y sencillo que las ideas anteriores. Al tener poca superficie de rozamiento, puede desplazarse de forma mucho más segura en su descenso. Asimismo, este sistema no implica grandes modificaciones en los botes, pudiéndose adaptar a cualquier bote del mercado. Tiene además la ventaja de que los tripulantes del bote pueden desprenderse completamente del dispositivo desde el interior del bote.

4.1 Descripción del dispositivo

De manera más detallada, la invención consiste en un armazón metálico, sujeto bajo el bote salvavidas mediante un sistema de zafa (dispositivos de liberación), que permite desacoplarlo de forma sencilla una vez el bote llega al agua. Acoplados a este armazón se encuentran dos brazos hidráulicos reforzados. Con grandes ángulos el brazo estabilizador permitirá apoyar el bote contra el costado. Esto permite transferir parte de su peso a través de su estructura hacia dicho costado, manteniendo el bote adrizado. La invención dispone de un dispositivo hidráulico sencillo que permite modificar el ángulo de los brazos estabilizadores a voluntad (ver figura 4.1).

El dispositivo minimiza los problemas en el arriado de los botes salvavidas en caso de accidente de un buque que provoque una gran escora. Mediante esta invención, es posible arriar un bote cuanto la pendiente del costado supere los 20° , facilitando la evacuación de pasajeros y tripulantes, pudiendo instalarse en cualquier buque que disponga de botes salvavidas arriables por sus costados.

El funcionamiento de este sistema se basa en hacer descender un bote salvavidas por la superficie del casco hacia el agua, utilizando un dispositivo que ayuda al bote a deslizarse. Además, este sistema será el encargado de mantener al bote salvavidas sin escora para realizar un descenso seguro.

Cuando el buque comienza a escorar se realiza el arriado de los botes salvavidas, es tras esos momentos y al alcanzar cierta escora cuando el dispositivo entrará en contacto con el casco y comenzará a realizar su función. La central hidráulica controlará el sistema hidráulico para mantener el bote adrizado mientras baja este por el costado. El dispositivo consigue que el bote llegue al agua evitando que quede retenido por obstáculos (portillos, puertas, defensas, otros). Al llegar a la superficie del mar se soltarán las zafas, liberando al bote.

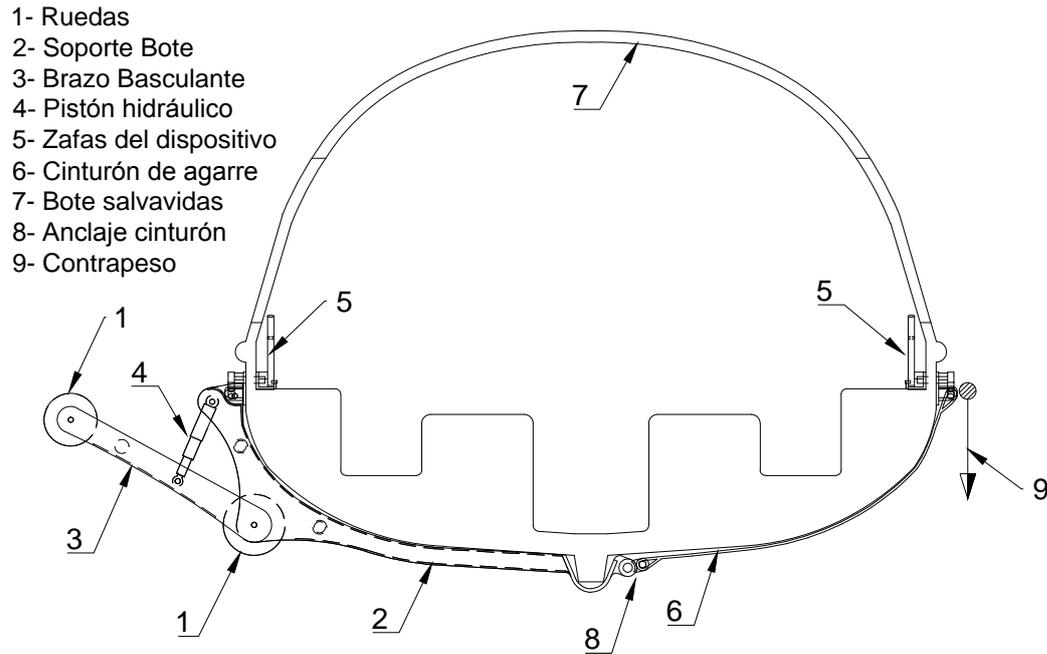


Figura 4.1: Descripción del dispositivo

Tabla 4.1: Datos técnicos

Eslora:	10,90 m
Manga:	3,90 m
Altura de zafa:	1,63 m
Número de personas:	130
Peso del bote en vacío:	6681 kg
Peso del bote en carga:	17406 kg

4.2 Ejemplo de aplicación

Para el diseño del dispositivo se ha tomado como base el bote LBT 1090C de la empresa Harding, el cual servirá de guía para adaptar las dimensiones del dispositivo a su casco. Además, se han tenido en cuenta características técnicas tales como el peso, manga, posición de las zafas del pescante, que definen los valores para el cálculo de los esfuerzos que se transmiten al costado del buque a través del brazo basculante, y la fuerza que deben de realizar los pistones para adrizar el bote salvavidas (ver tabla. 4.1).

4.2.1 Cálculo de fuerzas de la estructura

Tomando los datos del bote salvavidas se han calculado las fuerzas que soporta el brazo basculante y los pistones en un rango bastante amplio, que va desde los 20° a los 80° de escora. Para ello se ha tenido en cuenta la suma de los momentos y la suma de fuerzas que intervienen, obteniendo las ecuaciones (ver ecuación 4.1 y 4.2).

- La primera ecuación aporta los valores de carga máxima en la parte más extrema del brazo basculante, en este caso se nombra como **F1**.

$$F1 = P \cdot \left(1 - \left(\frac{Lb \cdot \text{sen}(\alpha) + B/2}{H \cdot \text{sen}(\alpha) + B/2} \right) \right) \quad (4.1)$$

- La segunda ecuación aporta los valores concernientes a la fuerza que deben de realizar los pistones utilizados para mantener el bote adrizado **Fp**.

$$Fp = \frac{Lb \cdot F1 \cdot \text{cos}(\alpha)}{L2 \cdot \text{cos}(90 - \alpha - \beta)} \quad (4.2)$$

Todo el estudio de fuerzas para la obtención de las ecuaciones antes descritas se realiza bajo la premisa de que el bote permanece adrizado, ya que la finalidad del dispositivo es que su descenso por el costado se realice en esas condiciones (ver fig. 4.2).

Para la resolución de los cálculos se recurre a un editor de hojas de cálculo (excel), con el fin de optimizar y agilizar el gran número de operaciones obteniendo las siguientes gráficas (ver gráfica. 4.3 y 4.4).

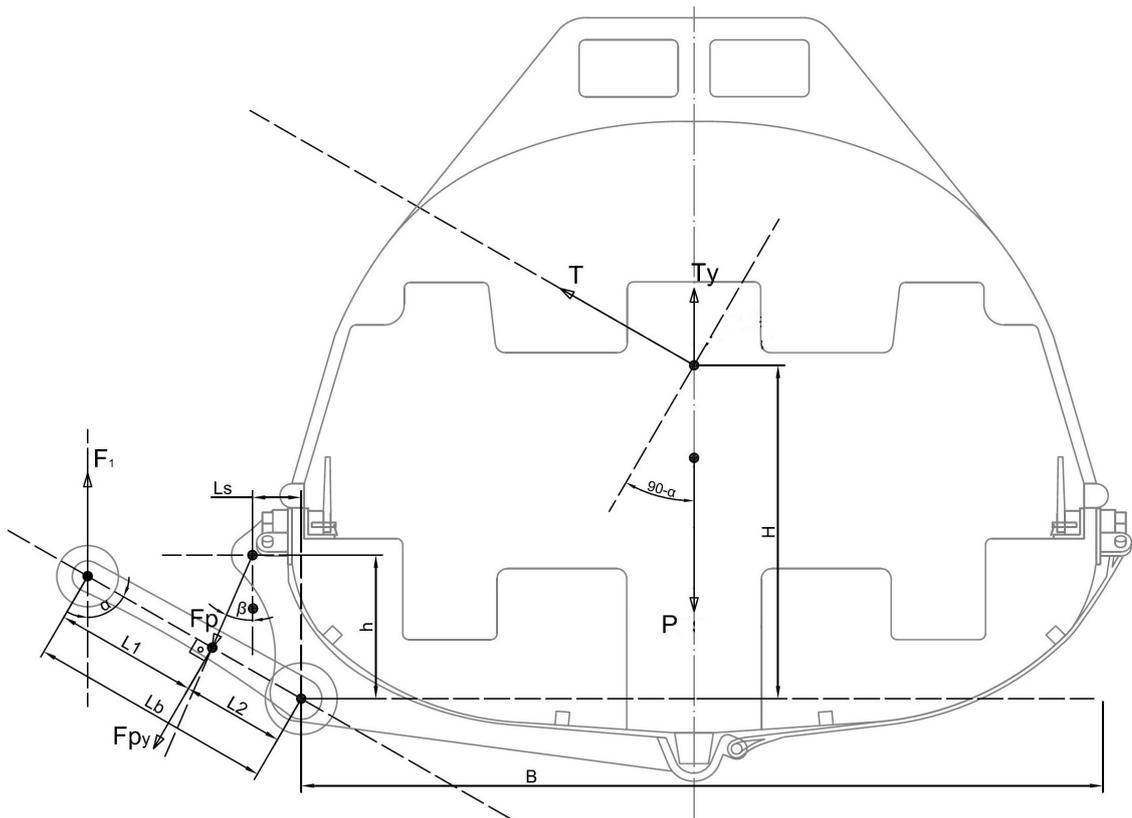


Figura 4.2: Parámetros para el cálculo de fuerzas

En la gráfica (4.4) se observa como con escoras pequeñas el pistón está sometido a grandes esfuerzos y con una variación de pocos grados se estabiliza rápidamente alcanzando valores de esfuerzo más estables. Ésto se debe a que cuando el brazo basculante está recogido, el ángulo que forma con el pistón es demasiado agudo y hace que este se vea sometido a una carga mayor.

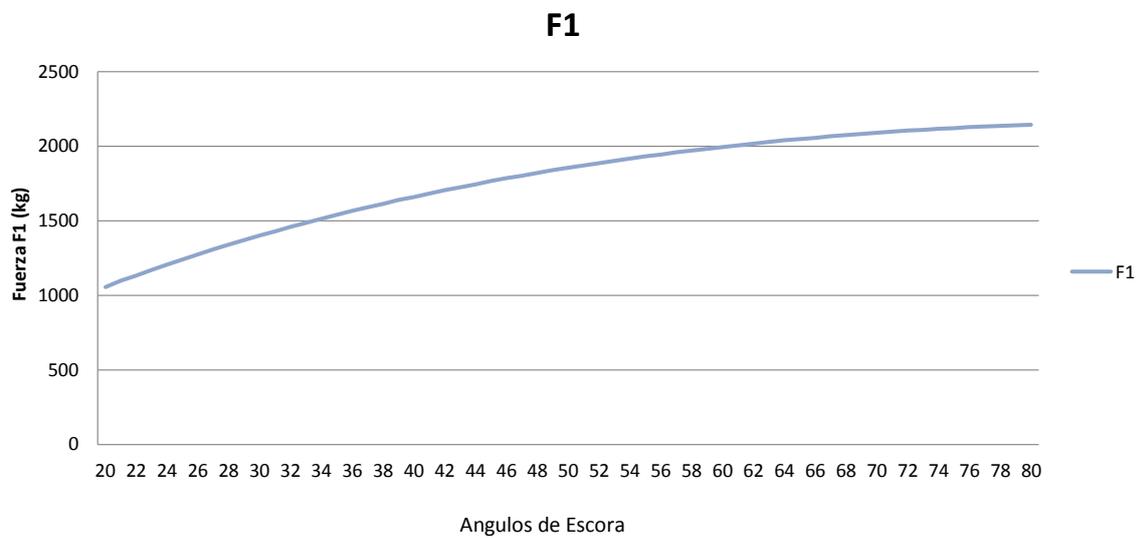


Figura 4.3: Gráfica de fuerzas en la parte más extrema del brazo

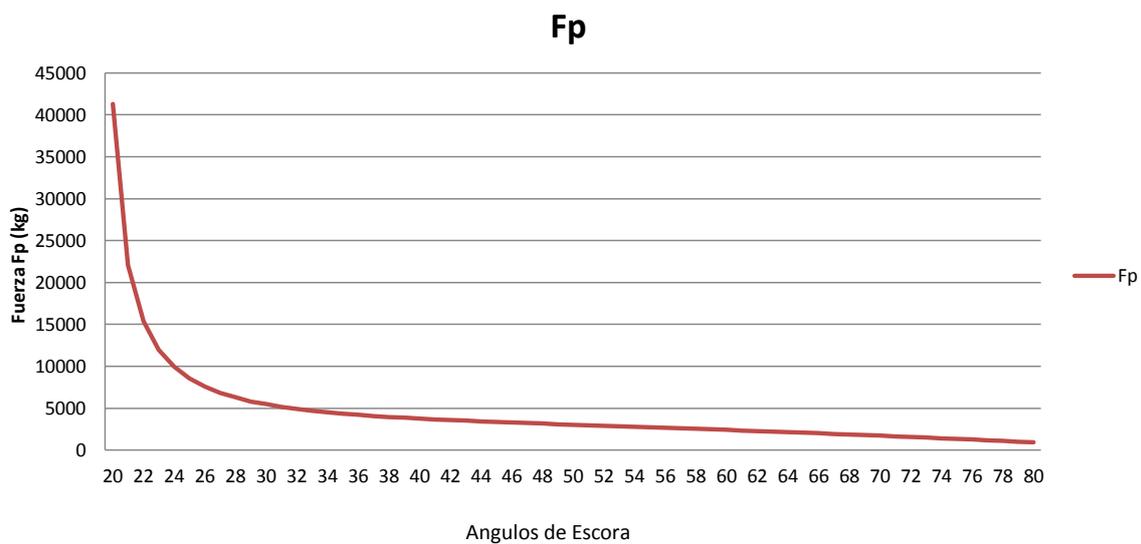


Figura 4.4: Gráfica de fuerzas en el pistón hidráulico

Tabla 4.2: Datos técnicos del pistón

Modelo:	402/020
Carrera:	200 mm.
B (Diámetro del pistón):	5 cm.
E (Tamaño del pistón):	250 mm.
Peso:	5,90 kg

4.2.2 Cálculo del sistema hidráulico

Realizados los cálculos de fuerzas en la estructura se procede a calcular el sistema hidráulico del dispositivo. En primer lugar se han seleccionados los pistones hidráulicos para, a continuación, poder calcular la presión de trabajo del sistema. Teniendo en cuenta los valores obtenidos se ha escogido la central hidráulica a utilizar.

Pistón hidráulico

La elección del pistón se ha hecho teniendo en cuenta el espacio disponible en el dispositivo y siempre buscando la mayor carrera posible, ya que de ésta depende la escora máxima alcanzable.

Otro factor a tener en cuenta es el tipo de pistón a utilizar, ya que un pistón de simple efecto podría servir para el dispositivo, pero dependería de la presión **F1** en cada escora para su recuperación. Un pistón de doble efecto permitirá mayor maniobrabilidad al no depender de la fuerza que ejerce el dispositivo contra el buque.

El último dato a valorar es la presión de trabajo, ya que se tendrá que seleccionar un pistón que trabaje en el rango de presiones del sistema.

Para el dispositivo del proyecto se ha optado por dos pistones hidráulicos Bastimec de doble efecto (ver tabla. 4.2) cuya presión de trabajo es de 180 bar, lo que limita al dispositivo a comenzar su uso a partir de 25° de escora, para mantener la presión siempre dentro del rango de trabajo del pistón (ver fig. 4.5).

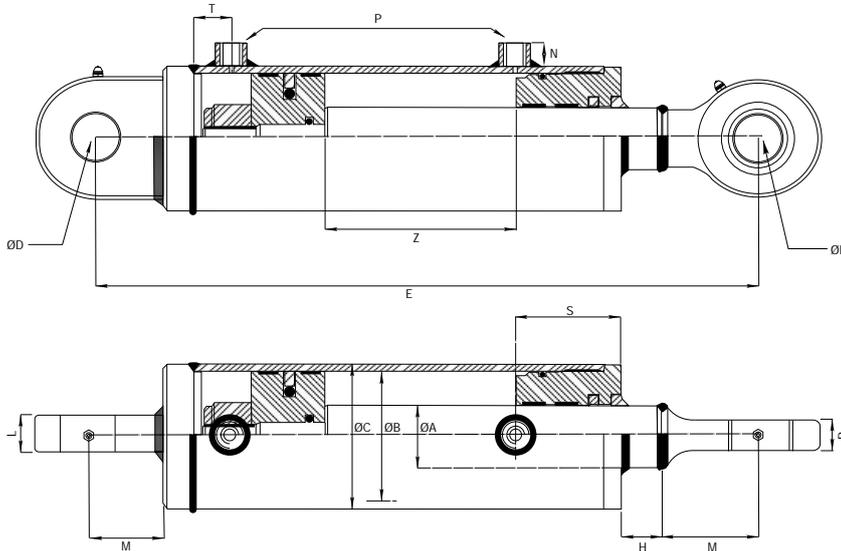
Con este modelo cubrimos las necesidades de nuestro dispositivo con un margen de seguridad en el caso de sobrepresiones.

Central hidráulica

Antes de llevar a cabo la selección de la central hidráulica se barajó la posibilidad de instalar una bomba manual. Tras la realización de los cálculos de velocidad de despliegue de los pistones se observó que el tiempo de despliegue es muy alto con una cantidad de emboladas excesiva.

Así que se ha optado por la instalación de una central hidráulica eléctrica, la cual se encarga de elevar la presión en el sistema, así como de distribuir a cada una de las tomas del pistón el aceite hidráulico para extenderse o retraerse.

Es muy importante que sea lo más compacta y ligera posible además de ser capaz de funcionar con las reservas de energía a bordo del bote salvavidas, ya que es requisito del código IDS que todo elemento sea totalmente independiente de las fuentes de energía del buque.



SERIE 400

Presión de trabajo: 180 bars.
 Velocidad: 0.5 m/s.
 Temperatura de trabajo: -25°C - +80°C
 Aceite: Aceite mineral
 Vástago: C45 f7 25 micras.
 Tubo: St52.3 Din2393 Iso H9

Working pressure: 180 bars.
 Speed: 0.5 m/s.
 Working temperature: -25°C - +80°C.
 Oil: Mineral oil.
 Rod: C45 f7 25 microns.
 Tube: St52.3 Din2393 Iso H9

Opción: Kit válvula antirretorno doble pilotada (VADP008EX).
 Rótulas Serie TAC y TPN soldadas.

Option: Dual pilot operated check valve set. (VADP008EX).
 TAC and TPN series welded ball joints.

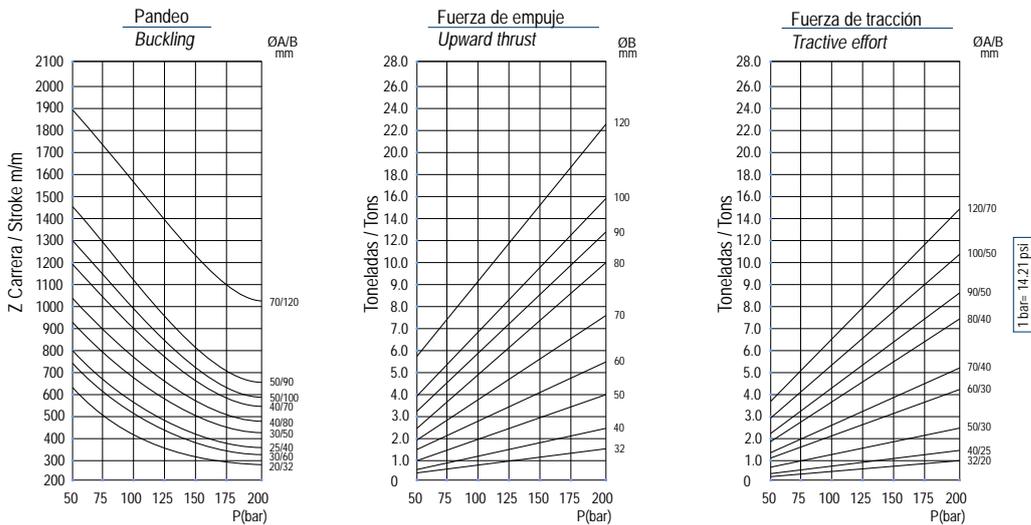


Figura 4.5: Pistón hidráulico

Tabla 4.3: Características Técnicas de central hidráulica

Potencia del motor:	Hasta 4 kW
Presión:	Hasta 300 bar
Voltaje electroválvula:	12V DC
Voltaje motor:	12V DC
Caudal:	hasta 25 litros/minuto
Peso:	15 kg aprox.

Para el dispositivo se ha seleccionado la central hidráulica compacta MH12VDC del fabricante Hidraoil, ya que brinda la posibilidad de configuración según las necesidades del dispositivo. El modelo en su configuración básica ya cumple con las necesidades de presión de trabajo y caudal del circuito.

Su montaje en el bote salvavidas se realiza en la banda opuesta al brazo basculante, tratando con esto ir acercando el centro de gravedad del dispositivo a la línea de crujía del bote para ir minimizando el momento que hace que se escore (ver fig. 4.10).

La fuente de energía será la batería de 12V existente en el bote o se colocara otra auxiliar en el cuarto de máquinas, para no comprometer la carga de la batería en el arranque del motor de combustión (ver tabla. 4.3).

**Figura 4.6:** Central hidráulica

Con estos datos se ha calculado la velocidad de apertura de los pistones (ver ecuación 4.3). Tomando el caudal máximo de la central hidráulica, en este caso 25 l/min se obtiene la velocidad máxima de despliegue $V_a = 636,94$ cm/min. Para la regulación de la velocidad de apertura se instalarán en las dos líneas hacia los pistones cuatro válvulas de estrangulación regulables (ver fig. 4.7).

$$V_a = \frac{\text{Caudal}}{A_e} \quad (4.3)$$

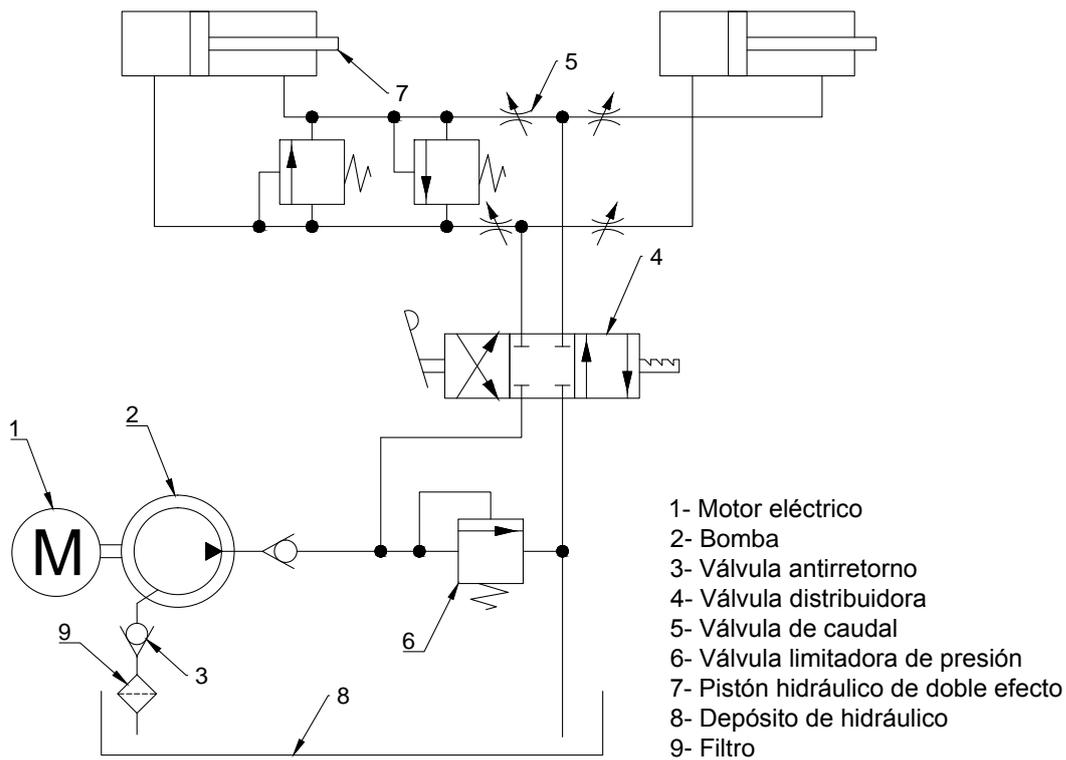


Figura 4.7: Esquema hidráulico

Latiguillos y conexiones

La elección de estos se ha hecho en función de la presión máxima de trabajo del sistema, teniendo en cuenta que el dispositivo en un momento dado debe desprenderse del bote.

En este dispositivo se colocarán latiguillos que puedan soportar hasta 300 bar y conexiones rápidas antirretorno para poder zafarlo del bote una vez en el agua. Estas conexiones permiten que no haya pérdidas de aceite hidráulico en el desacople del dispositivo, evitando vertidos al medio ambiente.



Figura 4.8: Acoples rápidos

Tabla 4.4: Características del soporte del Bote

Largo:	4,50 m
Ancho:	3,90 m
Peso:	590 kg

Tabla 4.5: Características del brazo basculante

Largo:	1,20 m
Ancho:	0,10 m
Peso:	240 kg

4.3 Características de los distintos elementos del dispositivo

Estructura

Para la fabricación del dispositivo se tendrán que seleccionar materiales con la capacidad de soportar los esfuerzos a los que están sometidos, intentando buscar ligereza, bajo mantenimiento y durabilidad ante la corrosión, ya que trabajará en un ambiente marino.

Las partes tales como el soporte del bote, los brazos basculantes y las zafas se fabricarán en acero. Aunque su densidad es bastante elevada, cumple con las características mecánicas necesarias para soportar los esfuerzos a los que será sometido (ver fig.4.1).

Para el cálculo de pesos del soporte del bote y brazo basculante se toman los datos de volúmenes obtenidos con el programa de diseño asistido por ordenador (CAD) y densidad del acero 7850 kg/m^3 (ver tabla. 4.1 y 4.5).

Una fabricación en Fibra de carbono traería consigo una disminución de peso considerable manteniendo las características mecánicas necesarias, pero el coste de fabricación es demasiado elevado, por lo que se ha desechado su uso para el dispositivo.

Ruedas

Para este caso se emplean unas ruedas de poliuretano ya que poseen una gran durabilidad y facilitan el manejo de cargas pesadas, siendo ideales para aplicaciones con tracción mecánica. Las dimensiones de las ruedas más alejadas al bote salvavidas son de diámetro 0,30 m y de diámetro 0,35 m. Se han situado en el punto de unión del brazo basculante y del soporte del bote, con un espesor de 8cm.

Cinturón de Agarre

Su función es únicamente la de hacer fijo el dispositivo al bote. Éste debe de ser de materiales que soporten las cargas de trabajo además de ser ignífugos o piroretardantes.

Zafas

Mecanismos de suelta del dispositivo del bote salvavidas. Éstos se utilizarán al llegar el bote al agua, liberando el bote y dejando a este en las condiciones normales de navegabilidad (ver fig.4.9).

El material seleccionado para la fabricación de las zafas será el acero, que garantiza la resistencia necesaria para soportar el peso del dispositivo.

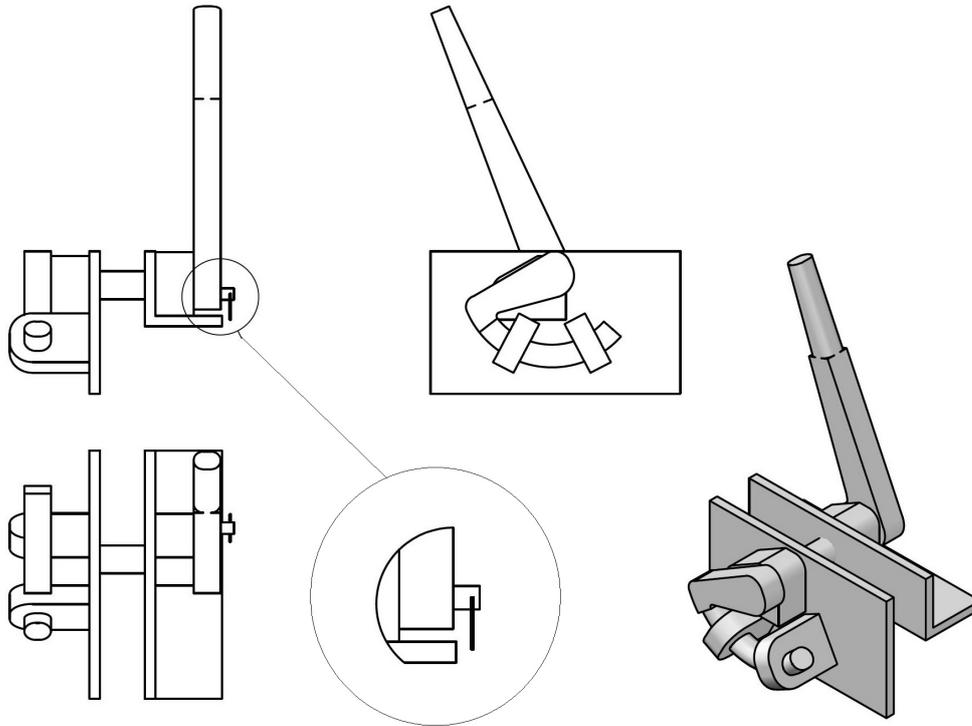


Figura 4.9: Zafas del dispositivo

Contrapesos

Son elementos de acero dimensionados para contrapesar la sobrecarga del dispositivo en la banda de funcionamiento y que irán ubicados en la banda opuesta.

Su función consiste en que el centro de masas del dispositivo se desplace hacia la línea de crujías del bote, evitando que éste se escore hacia la banda del dispositivo. Aunque incrementa el peso total del bote esto permite que este permanezca adrizado en todo momento.

4.4 Limitaciones del dispositivo

4.4.1 Limitación por la carrera del pistón

El dispositivo se verá limitado en su escora máxima debido a la carrera que ofrece el pistón.

Según el diseño del dispositivo el rango de escoras varía desde 25° hasta 55° .

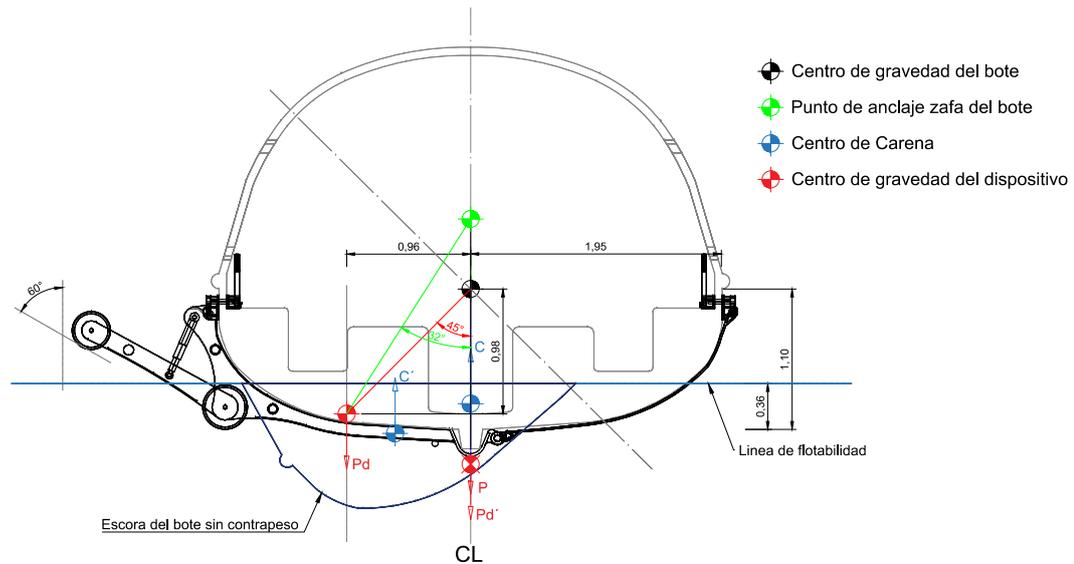


Figura 4.10: Centros de gravedad del bote y dispositivo sin contrapeso

4.4.2 Limitación por sobrepresión

Esta limitación surge a raíz de la presión de trabajo del pistón: 180 bar.

En el intento de alcanzar el menor ángulo del brazo basculante recogido, el pistón forma un ángulo agudo con el brazo, el cual hace que el pistón tenga que trabajar a muy alta presión para mover el brazo. Para no superar la presión de trabajo del pistón, se limita mecánicamente el ángulo mínimo del brazo para una escora de 25° donde la presión de trabajo es de 156,38 bar.

4.4.3 Limitación por sobrepeso del dispositivo

La limitación es producto del peso total del dispositivo, a causa de la densidad de los materiales utilizados, en su mayor parte acero. El peso del dispositivo incrementa el peso del bote salvavidas aproximadamente en 1600 kg. por lo que se debe de tener en cuenta si el pescante es capaz de trabajar con ese peso, así como la tensión de trabajo de los cables de sujeción y las zafas que lo sujetan al bote.

Aunque el dispositivo está diseñado para ser desprendido del bote al llegar al agua hay que prever que podría quedarse enganchado, por lo que se debe de tener en cuenta su peso, que podría suponer una disminución del número de pasaje en el bote, que está diseñado para una carga predeterminada [8].

4.5 Mejoras del dispositivo

Durante la etapa de investigación y desarrollo del dispositivo, surgen una serie de inconvenientes a los que se trató de dar solución tras ser analizados. Esta

Tabla 4.6: Densidades de los materiales:

Acero:	7850 kg/m^3
Fibra de carbono:	1750 kg/m^3

idea se realiza para dar solución a un problema, partiendo de una base para ir evolucionando e implementando mejoras para que el sistema sea 100 % fiable y efectivo.

4.5.1 Aligeramiento del dispositivo

Para conseguir disminuir el peso del dispositivo se tendrá que recurrir a materiales con densidades más bajas (ver tabla. 4.6) y características mecánicas similares o superiores a las del acero. Por ello, se propone un cambio de material en el soporte del bote y el brazo basculante de acero a fibra de carbono lo que haría que, considerando el mismo volumen del dispositivo, se obtuviera una reducción de peso en torno al 77.7%.

Esta variación en el peso del dispositivo obligaría a recalcular los contrapesos del bote, que pasarían a ser de menor dimensión y peso.

Para finalizar, se considera que la disminución de peso minimiza una de las limitaciones mencionadas anteriormente, por lo que mejora el dispositivo considerablemente.

4.5.2 Desplazamiento de rueda

Con esta mejora lo se pretende es acercar uno de los puntos de apoyo lo máximo posible al centro de gravedad del bote a la vez que alejamos las ruedas entre sí, con lo que se consigue un descenso más fluido y mejor apoyo en el costado del buque (ver fig.4.11).

4.5.3 Estabilizador automático

Sistema encargado de mantener adrizado el bote automáticamente. Este sistema contendrá un giróscopo y acelerómetro en el interior del bote que dará información del ángulo de escora. El controlador comandará la central hidráulica que dará presión adecuada a los pistones para mantener el bote adrizado (ver fig.4.12).

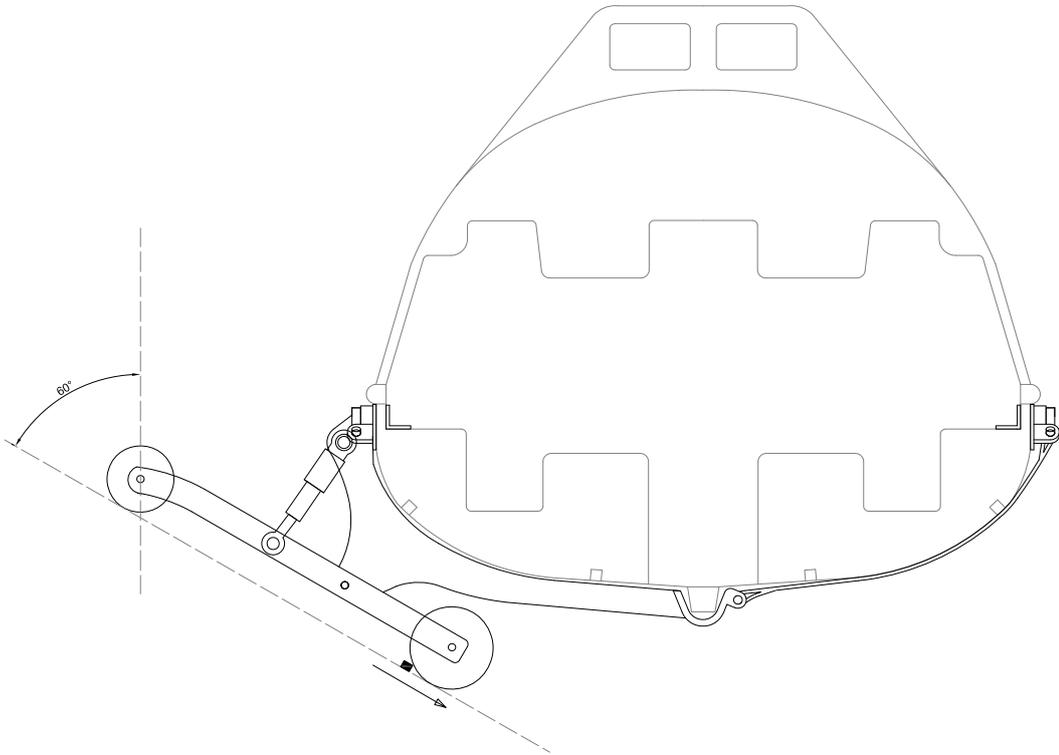


Figura 4.11: Desplazamiento de rueda del dispositivo

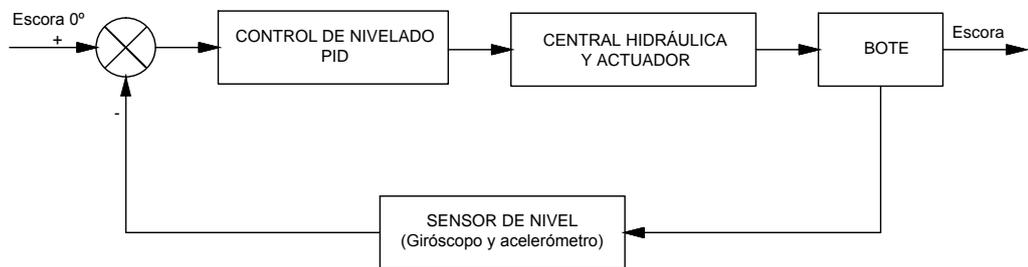


Figura 4.12: Diagrama de bloques

5 Conclusiones

Una vez realizada la investigación y el desarrollo del trabajo se llega a las siguientes conclusiones:

Los actuales dispositivos ponen de manifiesto que, aunque se han ido presentando mejoras para el arriado de los botes con grandes escoras, éstas siguen resultando insuficientes tal y como tuvimos oportunidad de comprobar con ocasión del accidente del Costa Concordia.

Después de analizar los dispositivos existentes y durante el desarrollo de este trabajo, se ponen de manifiesto las mejoras que conlleva la implantación de éste sistema para el arriado de botes en condiciones óptimas de seguridad.

La simplicidad de los elementos del sistema no incrementa sustancialmente el mantenimiento del mismo, cumpliendo además con el código IDS.

Finalmente, con este dispositivo se supera la escora de 20° prescrita en el SOLAS para el arriado de botes salvavidas, mejorando sustancialmente la utilidad de los botes salvavidas al evitar que queden inutilizados en los costados. Este dispositivo puede contribuir a salvar un mayor número de vidas a bordo en caso de abandono del buque con grandes escoras.

Anexos

A Planos

- **Plano 01:** Descripción de elementos.
- **Plano 02:** Vista del dispositivo.
- **Plano 03:** Vista Zafa.
- **Plano 04:** Anclaje cinturón.
- **Plano 05:** Instalación hidráulica.

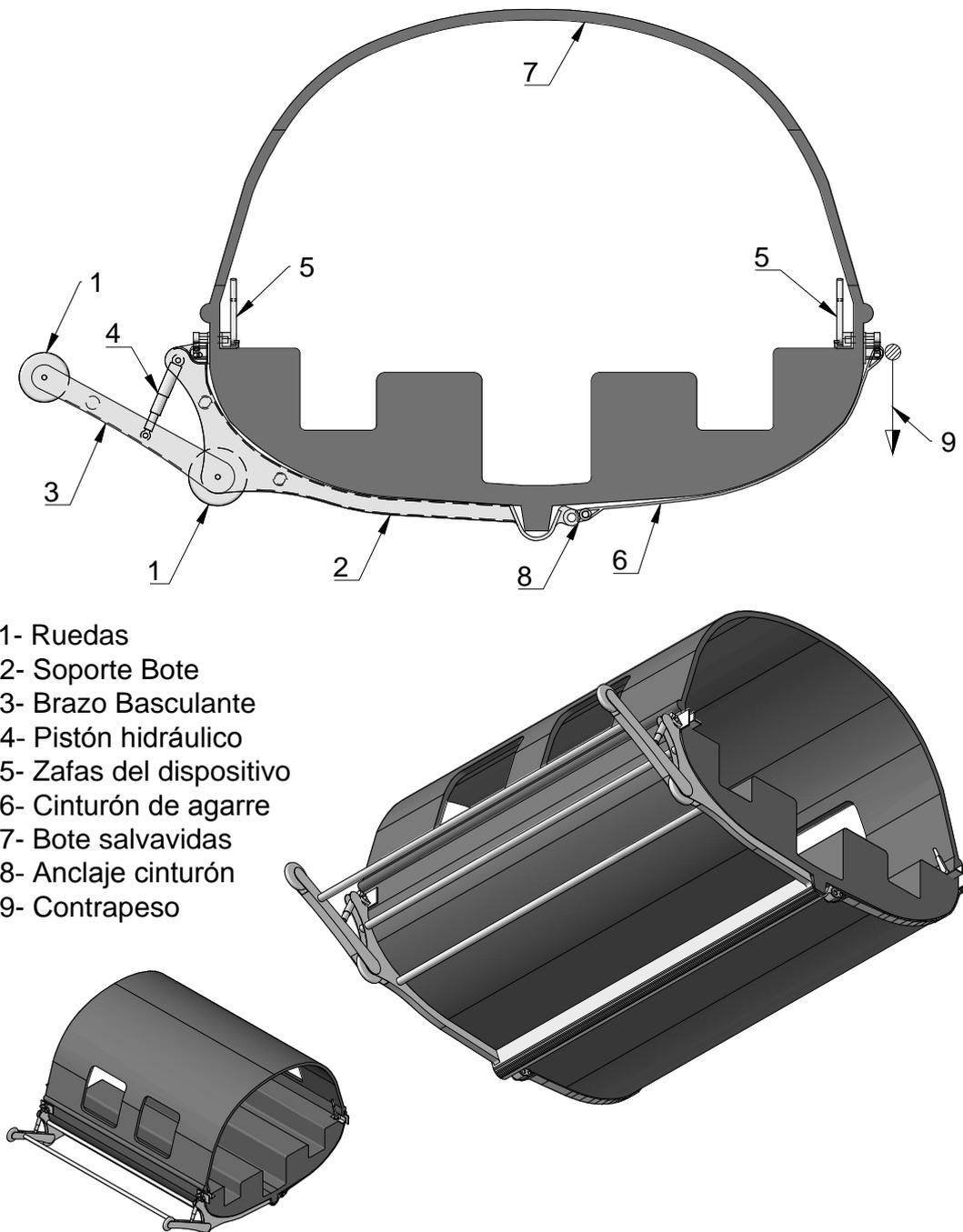


Figura A.1: Descripción de los elementos del dispositivo

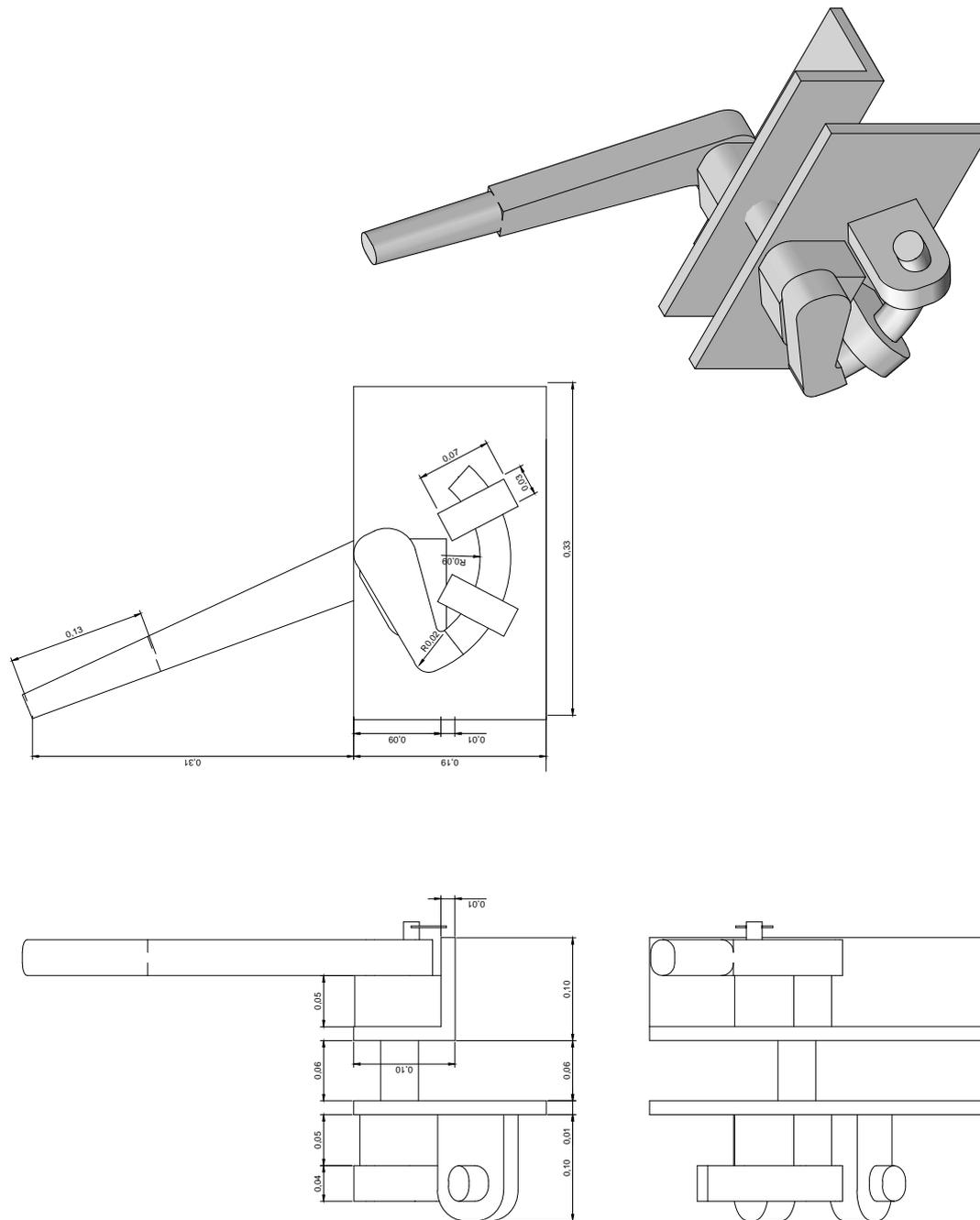


Figura A.3: Vista del dispositivo

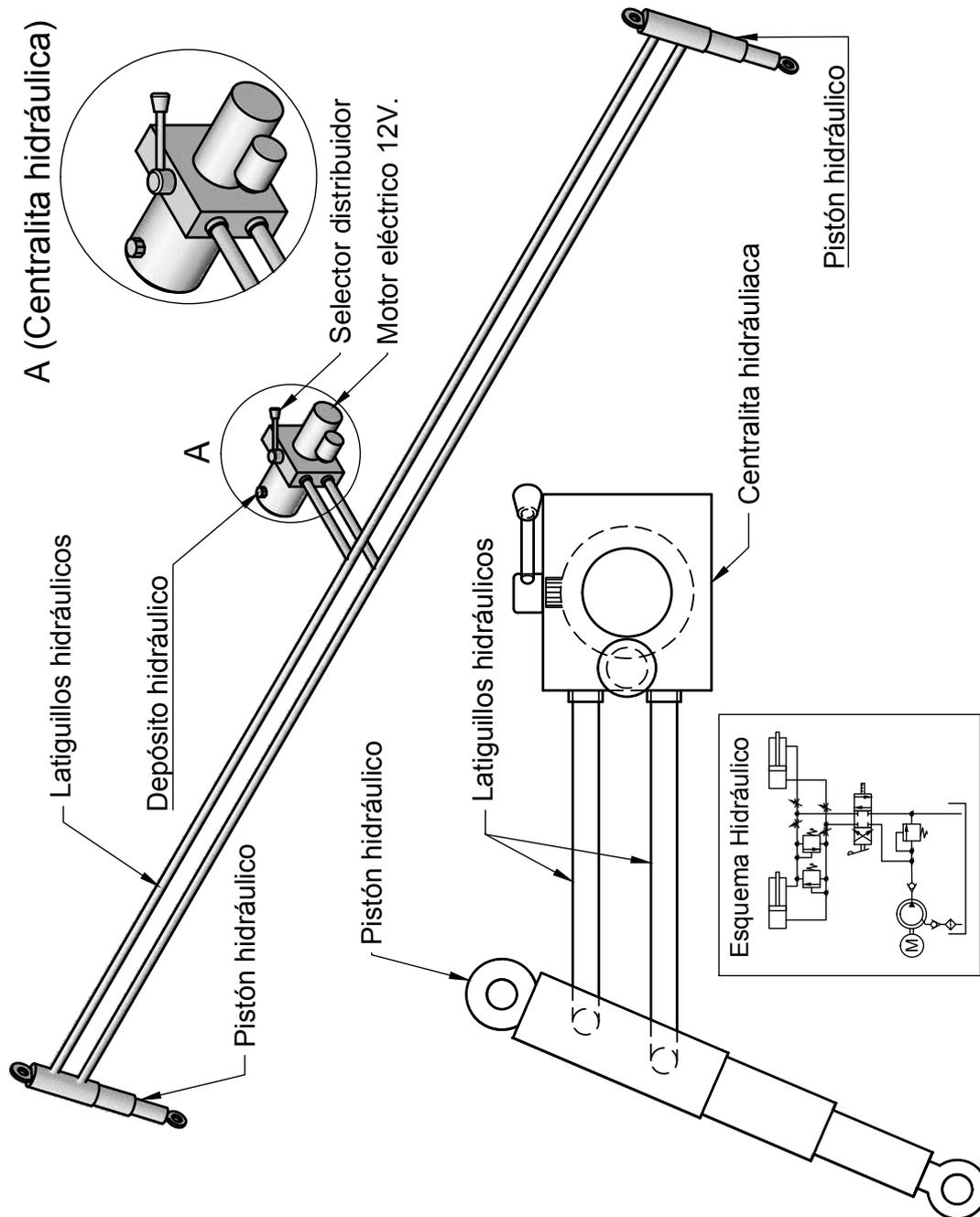
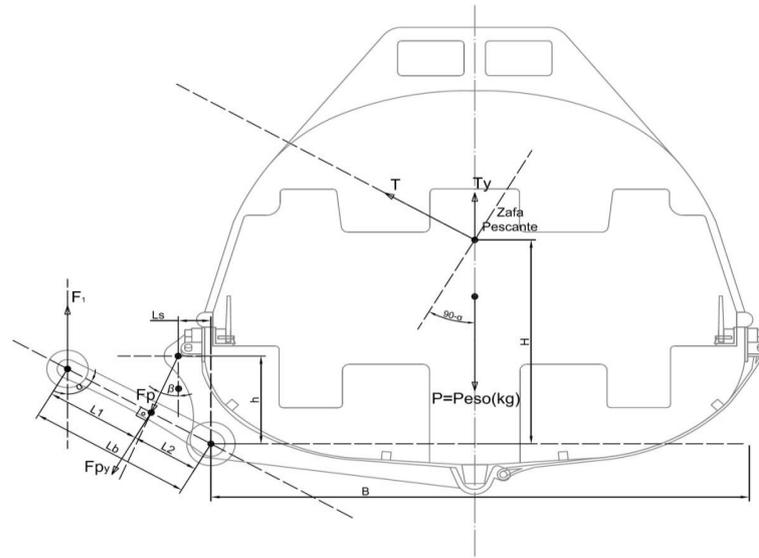


Figura A.5: Vista del dispositivo

B Cálculos

- **Cálculo 01:** Fuerzas F_1 y F_p .
- **Cálculo 02:** Hidráulico.

Peso (P)kg	Long. Brazo (Lb)m.	Manga (B)m.	Al. Zafa (H)m.	Lon. Talon brazo (L2)m.	(h)m.	(Ls)m.
19000	1,2	3,9	1,63	0,5	0,7	0,2



$$F_1 = P \cdot \left(1 - \frac{L_b \cdot \sin(\alpha) + B/2}{H \cdot \sin(\alpha) + B/2} \right)$$

$$F_p = \frac{L_b \cdot F_1 \cdot \cos(\alpha)}{L_2 \cdot \cos(90 - \alpha - \beta)}$$

Cierto solo con el bote adrizado

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{L_2 \cdot \sin(\alpha) - L_s}{h - L_2 \cdot \cos(\alpha)}$$

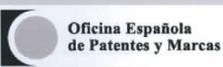
Escoras °	sen(α)	cos(α)	(β)°	(F1)kg	(Fp)kg	cos(90-α-β)
20	0,342	0,940	-7	1114,38	11328,89	0,22184203
21	0,358	0,934	-5	1155,37	9451,12	0,27390513
22	0,375	0,927	-3	1195,24	8200,89	0,32431741
23	0,391	0,921	-1	1234,02	7311,64	0,37285857
24	0,407	0,914	1	1271,74	6649,05	0,419354
25	0,423	0,906	3	1308,44	6137,99	0,46367453
26	0,438	0,899	4	1344,13	5733,11	0,50573433
27	0,454	0,891	6	1378,85	5405,34	0,54548728
28	0,469	0,883	8	1412,61	5135,22	0,58292247
29	0,485	0,875	9	1445,46	4860,90	0,61805899
30	0,500	0,866	11	1477,40	4717,34	0,6509408
31	0,515	0,857	12	1508,46	4552,61	0,68163151
32	0,530	0,848	13	1538,66	4409,49	0,71020973
33	0,545	0,839	14	1568,03	4283,80	0,7367648
34	0,559	0,829	16	1596,59	4172,24	0,76139317
35	0,574	0,819	17	1624,34	4072,21	0,78419526
36	0,588	0,809	18	1651,33	3981,61	0,80527302
37	0,602	0,799	19	1677,55	3898,74	0,8247279
38	0,616	0,788	19	1703,03	3822,21	0,8426593
39	0,629	0,777	20	1727,79	3750,85	0,85916347
40	0,643	0,766	21	1751,84	3683,69	0,87433271
41	0,656	0,755	22	1775,20	3619,94	0,88825476
42	0,669	0,743	22	1797,88	3558,90	0,90101257
43	0,682	0,731	23	1819,91	3499,99	0,9126841
44	0,695	0,719	23	1841,28	3442,72	0,92334229
45	0,707	0,707	24	1862,02	3386,67	0,9330552
46	0,719	0,695	24	1882,13	3331,46	0,94188608
47	0,731	0,682	25	1901,64	3276,79	0,94989364

Figura B.1: Cálculos de Fuerzas F1 y Fp

DATOS PISTON				
Diametro (cm)	Volumen (cm3)	Area efectiva(cm2)	nº Pistones	Carrera (mm)
5	390	19,625	2	200
Presión de Trabajo (kg/cm2)	Peso(kg)			
300				
LATIGUILLOS				
Longitud	Volumen (cm3)			
10	35			
BOMBAS				
BOMBA MANUAL		BOMBA MOTORIZADA		
V. Embolada 1(cm3)	V. Embolada 2(cm3)	Caudal (cm3/min.)	Vol. Deposito(cm3)	Presión de Trabajo (kg/cm2)
19	2,5	25000	Hasta 25000	300
CALCULOS				
Escoras º	(Fp)kg	Presion de la bomba (kg/cm2)	Vol. Aceite (cm3)	
20	11328,89	288,63	1130	
21	9451,12	240,79	BOMBA MOTORIZADA	
22	8200,89	208,94	Velocidad de Avance(cm/min)	
23	7311,64	186,28	636,94	
24	6649,05	169,40	BOMBA MANUAL	
25	6137,99	156,38	Avance embolada 1 Etapa (cm)	
26	5733,11	146,07	0,48	
27	5405,34	137,72	Avance embolada 2 Etapa (cm)	
28	5135,22	130,83	0,06	
29	4860,90	123,84	$Pb = \frac{Fp}{Ae}$	
30	4717,34	120,19	$Va = \frac{Caudal}{Ae}$	
31	4552,61	115,99	Pb: Presión de la bomba Fp: Fuerza en kg del pistón Ae: Area efectiva del pistón Va: Velocidad de avance del pistón	
32	4409,49	112,34		
33	4283,80	109,14		
34	4172,24	106,30		
35	4072,21	103,75		
36	3981,61	101,44		
37	3898,74	99,33		
38	3822,21	97,38		
39	3750,85	95,56		
40	3683,69	93,85		
41	3619,94	92,23		
42	3558,90	90,67		
43	3499,99	89,17		
44	3442,72	87,71		
45	3386,67	86,28		
46	3331,46	84,88		
47	3276,79	83,49		
48	3222,38	82,10		
49	3168,00	80,71		
50	3113,44	79,32		
51	3058,52	77,92		
52	3003,10	76,51		
53	2947,03	75,08		
54	2890,20	73,64		
55	2832,51	72,17		
56	2773,86	70,67		
57	2714,19	69,15		
58	2653,41	67,60		
59	2591,48	66,03		
60	2528,34	64,42		

Figura B.2: Cálculo Hidráulico

C Solicitud de patente



**Oficina Española
de Patentes y Marcas**

Nº SOLICITUD:

FECHA Y HORA DE ENTRADA EN OEPM:

FECHA Y HORA DE ENTRADA EN LUGAR DISTINTO A LA OEPM:

LUGAR DE PRESENTACIÓN: _____ CODIGO: _____



INSTANCIA DE SOLICITUD

1. IDENTIFICACIÓN DE LA SOLICITUD

(1) MODALIDAD: **PATENTE DE INVENCION** **MODELO DE UTILIDAD**

(2) TIPO DE SOLICITUD:

ADICIÓN A LA PATENTE

SOLICITUD DIVISIONAL

CAMBIO DE MODALIDAD

TRANSFORMACIÓN SOLICITUD PATENTE EUROPEA

ENTRADA EN FASE NACIONAL DE SOLICITUD PCT

(3) EXPEDIENTE PRINCIPAL O DE ORIGEN:

MODALIDAD: _____

Nº SOLICITUD: _____

FECHA PRESENTACIÓN: _____

2. TÍTULO DE LA INVENCION (4)

Estabilizador de botes salvavidas

3. IDENTIFICACIÓN DEL SOLICITANTE

(5) APELLIDOS Y NOMBRE /DENOMINACIÓN SOCIAL: Universidad de La Laguna

NIF/PASAPORTE: Q3818001D

DIRECCIÓN POSTAL	CÓDIGO POSTAL Y LOCALIDAD	PROVINCIA	PAIS RESIDENCIA	CODIGO PAIS RESIDENCIA
OTRI. Edificio Central Universidad. Apartado 456.	38200 La Laguna	Tenerife	España	ES

PAIS DE NACIONALIDAD	CÓDIGO PAIS NACIONALIDAD	CNAE (6)	PYME (7)
España			

DIRECCIÓN CORREO ELECTRÓNICO: _____ Nº TELÉFONO FIJO: _____ Nº TELÉFONO MÓVIL: _____

(8) INDICACIÓN DEL MEDIO DE NOTIFICACIÓN PREFERENTE: **CORREO POSTAL** **CORREO ELECTRÓNICO**

PORCENTAJE DE TITULARIDAD (9): _____ %

NOTA: DE NO ESPECIFICARSE DICHO PORCENTAJE, LA OEPM PRESUMIRÁ IGUALES LAS CUOTAS DE LOS SOLICITANTES.

EL SOLICITANTE TAMBIÉN (10) SI ES INVENTOR: NO

MODO DE OBTENCIÓN DEL DERECHO: (11)

INVENCION LABORAL **CONTRATO** **SUCESION**

OTROS (Especificar): _____

(12) EL SOLICITANTE ES UNA UNIVERSIDAD PÚBLICA ESPAÑOLA: SI

4. OTROS SOLICITANTES Y/O INVENTORES (13)

LOS DEMAS SOLICITANTES Y/O INVENTORES SE INDICAN EN HOJA COMPLEMENTARIA

3101 (06.13)

Pág. 1 de 2

Figura C.1: Instancia de solicitud

Bibliografía

- [1] ABENDBLATT, *Costa Concordia läuft auf Grund*. [Página web], 2012 [consultado 6 de Marzo de 2015]. URL: <http://www.abendblatt.de>.
- [2] GARCÍA ZUBIZARRETA, ÁLVARO, *Análisis de la evacuación del Costa Concordia*. Trabajo de final de carrera, 2013 [consultado 13 de Febrero de 2015]. URL: <https://upcommons.upc.edu/>.
- [3] HET SCHEEPVAARTMUSEUM, *Building a safer lifeboat*. [consultado 20 de Marzo de 2015]. URL: <https://www.hetscheepvaartmuseum.nl/>.
- [4] MORRIS GÓMEZ, VICTOR, *Propuesta de modelo de botes salvavidas arriables con grandes escoras*. Trabajo de final de carrera, 2013 [consultado 11 de Abril de 2015]. URL: <https://upcommons.upc.edu/>.
- [5] NATIONAL GEOGRAPHIC, *Dentro del Costa Concordia: Testigos de la tragedia*. [Página web], 2012 [consultado 5 de Marzo de 2015]. URL: <http://www.nationalgeographic.es/>.
- [6] ORGANIZACIÓN MARÍTIMA INTERNACIONAL, “Código Internacional de Dispositivos de Salvamento (IDS, MSC48-66)”. 1998.
- [7] SCHAT ANE PIETER, *Means for handling lifeboats*. [Página web], 1930 [consultado 3 de Febrero de 2015]. URL: <https://www.google.es/patents/>.
- [8] SOLAS, “SOLAS capítulo III dispositivos y medios de salvamento”. URL <http://personales.gestion.unican.es/martinji/Archivos/SolasCap3.pdf>.