

UNIVERSIDADE DA CORUÑA

# CUADERNO 1:

DIMENSIONAMIENTO PRELIMINAR



**AUTOR: Pablo Rodríguez Díaz**

**PROYECTO:**

**TÍTULO: Remolcador de puerto de 55 TPF**

PABLO RODRÍGUEZ DÍAZ

## ÍNDICE CUADERNO I

1	INTRODUCCIÓN A LOS TIPOS DE REMOLCADORES Y SUS MISIONES	
1.1	EVOLUCIÓN HISTÓRICA.....	2
1.2	TIPOS DE REMOLCADORES.....	3
1.2.1	POR FUNCIONES Y/O ZONAS DE TRABAJO.....	3
1.2.2	SEGÚN EL TIPO DE PROPULSIÓN.....	6
1.3	MODOS DE OPERACIÓN.....	12
1.4	CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL DISEÑO.....	15
2	ESPECIFICACIONES.....	16
3	DIMENSIONAMIENTO PRELIMINAR.....	17
3.1	Cálculos por el método del “Proyecto Básico del Buque Mercante”....	19
3.2	Método de Arnaldos.....	20
3.3	Cálculos utilizando ArqNaval.....	21
3.4	Cálculo de las dimensiones B, D y T a partir de las regresiones lineales.....	21
3.5	Resumen.....	22
4	CÁLCULO DE LA CIFRA DE MÉRITO.....	23
5	COEFICIENTES ADIMENSIONALES.....	25
6	DESARROLLO DE ITERACIONES Y ELECCIÓN DIMENSIONES.....	26
7	ESTIMACIÓN PRELIMINAR DE PESOS.....	28
	ANEXO I.....	31
	ANEXO II.....	33
	ANEXO III.....	38
	ANEXO IV.....	43

**PROYECTO REMOLCADOR DE PUERTO****CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES**

Tiro a punto fijo .....	55 tn
Eslora total .....	25,00 m
Manga de trazado .....	11,0 m
Puntal a la cubierta principal .....	5,00 m
Velocidad .....	10 nudos
Tripulación.....	6 personas
Autonomía.....	2.000 millas

## **1 INTRODUCCIÓN A LOS TIPOS DE REMOLCADORES Y SUS MISIONES**

### **1.1 EVOLUCIÓN HISTÓRICA**

El uso de remolcadores se remonta a la época de los buques de vela. En sus orígenes era un bote de remos cuya misión era la ayuda en las zonas de difícil acceso para buques que no gozaban de una buena capacidad de maniobra. Poco a poco, en el siglo XIX, los remolcadores evolucionaron y se fueron elaborando diseños específicos de botes a los cuales se les dotaba de una máquina de vapor accionada mediante palas. Posteriormente la hélice se emplearía como propulsor.

Con el descubrimiento del Motor Diesel se abre una nueva era, dicha máquina, se empieza a emplear en este tipo de buques lo que le hace pasar a ser considerado como un pequeño buque convencional, que tiene una gran potencia para su tamaño, con la cual remolcaba a los grandes buques, empleando su fuerza sobre estos mediante un gancho fijo con los que estos se unían mediante un cabo que aportaba el buque a remolcar.

Pasada la mitad del siglo XX, la evolución del remolcador se produce por la aplicación del propulsor Voith. Actualmente podemos clasificar los remolcadores en función de su sistema de propulsión, así como la disposición de los mismos, de tal modo tenemos:

- Convencional y Azimutal (propulsión a popa).
- Cicloidal y Azimutal (propulsión a proa, tractor).

La existencia de estos buques está más que justificada, tanto desde la antigüedad, como en la actualidad, debido a la importancia del comercio marítimo mundial, por lo que la actividad de los puertos es elevada y es necesaria la actividad de remolque en muchos de los casos. Por otro lado, los recientes desastres naturales que se han producido justifican la existencia no sólo de dicho buque como remolcador, sino también con otras funciones esenciales para la preservación del medio ambiente (remolcadores de lucha contra la contaminación), así como en caso de accidentes e incendios producidos en un buque (remolcadores contra incendios, remolcadores que cuentan con hospital), etc.

## **1.2 TIPOS DE REMOLCADORES**

Consideramos que los remolcadores se pueden clasificar de dos modos:

- Según las funciones y/o las zonas donde operen.
- Según el tipo de propulsión con el que cuenten.

### **1.2.1 POR FUNCIONES Y/O ZONAS DE TRABAJO**

#### **A. Remolcadores de Lucha Contra Incendios**

Estos remolcadores deben estar capacitados para poder presentarse cuanto antes en el lugar siniestrado. Deberán estar dotados de medios que permitan una buena visibilidad desde el Puente. Para ello, y debido a las altas temperaturas que se podrán alcanzar, los cristales de las ventanas deben ser resistentes al fuego y contar con cortinas de autoprotección.

No sólo las ventanas deberán contar con materiales que resistan las altas temperaturas donde operarán, también será muy importante que el remolcador posea un sistema de autoprotección para dichas zonas. También será vital que la existencia de hidrocarburos y plásticos flotando en la zona no afecten en ningún momento al buen funcionamiento de los sistemas de circulación y refrigeración de los motores principales. Debido a los largos períodos en espera en que tendrán que trabajar los equipos conviene que sean diseñados con tales capacidades y características.

Los remolcadores de lucha contraincendios responden a las características que la Sociedad de

Clasificación correspondiente engloba en la cota FF. Este tipo de remolcadores deberá disponer de una capacidad de maniobra excelente, de forma que asegure su capacidad de respuesta en el peor escenario posible.

### **B. Remolcadores de Salvamento**

Como las tareas que van a desarrollar son de vital importancia, requieren que el tiempo empleado en llegar al lugar del accidente sea el menor posible por si hubiera vidas en peligro.

Por dicho propósito deberán estar dotados de una gran velocidad en marcha libre, de una gran capacidad de maniobrabilidad y de defensas para poder abarcarlo a cualquier buque con facilidad.

Deberán contar también con un pequeño hospital donde sea posible atender a los posibles heridos, así como una zona de despegue de helicóptero por si fuera necesario realizar evacuaciones de urgencia. Contarán también con medios de izado mecánicos.

### **C. Remolcadores de Lucha contra la Contaminación**

Podemos hablar de dos tipos principalmente, según tengan tanques de almacenamiento y concentración de vertidos o no.

Los primeros contarán con tanques donde puedan almacenar los vertidos que se hayan realizado al mar. Para la recogida de tales vertidos y limpieza de la zona deberán contar con medios para el largado de barreras, manejo y posicionamiento de los skimmers, así como de tangones para poder utilizar dispersantes o elementos físicos o químicos que hagan más fácil la lucha contra la contaminación.

Los segundos contarán con los mismos medios anteriores, pero sin tanques donde almacenar los vertidos.

## **D. Remolcadores Costeros y de Puerto**

De acuerdo con el reglamento de SEVIMAR los remolcadores se clasifican en el Grupo III, existiendo dos clases, la Clase S para los de puerto y la Clase T para los que salen a la mar.

No obstante, a la hora de decidir la construcción de un remolcador, en la mayoría de los casos, se opta por construirlo para que sea válido tanto para puerto como para mar, siguiendo las normas reglamentarias para ello.

Estas normas de carácter internacional se regulan por el Estado y por tanto son de obligado cumplimiento y su aplicación es controlada por la Administración Marítima y la Sociedad de Clasificación, en su caso.

Sin embargo, en algunos casos se decide previamente cuál será su uso futuro porque eso reducirá el gasto económico, ya que en el caso del remolcador de puerto, las exigencias reglamentarias son menores que en los remolcadores costeros y por tanto menor su inversión.

Definimos el remolcador de puerto como aquel que se encarga de facilitar la entrada y salida de los buques remolcándoles y ayudándoles a maniobrar. Desde hace años, dichos remolcadores se diseñaban según las características del puerto al que prestaban sus servicios, así como en función de la potencia y el tipo de propulsor. Teniendo en cuenta todas estas características se estudiaba el diseño con la mínima eslora y calado posible para que pueda evolucionar con mayor eficacia. Los remolcadores costeros son similares, aunque con mayores exigencias, las cuales lo encarecerán.

## **E. Remolcadores para Canales, Exclusas y Diques**

Tienen una gran similitud con los comentados anteriormente, pero al tener zonas especiales de trabajo, también contarán con limitaciones físicas especiales.

## **F. Remolcadores de Altura**

El concepto de remolcador de altura es el que más se acerca al buque convencional. Uno de los puntos más importantes a tener en cuenta en su diseño es la tracción, así como también el tipo de navegación a efectuar; así el remolcador asegurará el remolque incluso en condiciones meteorológicas

adversas. Cuando la potencia necesaria supera los 3500 HP lo usual es dotar al remolcador de dos propulsores.

Dentro de este tipo de remolcadores podemos incluir aquellos que se dedican a escoltar o acompañar a los grandes petroleros, gaseros, etc, en sus paso por rías, canales y en algunos puertos. También podemos incluir dentro de este tipo a los buques que atienden a plataformas petrolíferas (buques Supply y Ancleros).

### **G. Remolcadores de Escolta**

Son remolcadores que se encargan de acompañar a los grandes buques o a aquellos que puedan haber sufrido algún daño, fallo, avería o accidente producidos por fallos humanos, fallos de la propulsión o gobierno o incluso fuerzas externas como viento o corrientes para minimizar las ocasiones de varadas o colisión, con la finalidad de conservar la integridad del buque, el medio ambiente y las posibles vidas humanas puestas en juego.

Por todo lo anterior, dichos remolcadores deben tener un tiempo de respuesta mínimo en caso que tuviera que posicionarse en la proa o estela, y por si tuvieran que lanzar o recoger cabos que le permitan controlar al buque en situaciones delicadas. En resumen, deben estar dotados de una grandísima maniobrabilidad. También será de vital importancia que el buque cuente con una visibilidad adecuada y un buen sistema de comunicación.

### **H. Remolcadores para Terminales de Crudo**

Guardan una gran similitud con los remolcadores de puerto, sólo que en este caso estos remolcadores operarán en zonas con vertidos.

#### **1.2.2 SEGÚN EL TIPO DE PROPULSIÓN**

Según la ubicación de la propulsión podemos encontrar los siguientes tipos de remolcadores:

- A PROA (Tractor):
  - Voith Schneider.
  - Azimutal.
- A POPA:
  - Azimutal.

- Convencional.
- Empujador.
- Mixto.

### **A) Remolcadores tipo tractor**

El remolcador tractor se puede definir como un remolcador con propulsión gobernable 360º, cuyos equipos están instalados bajo el casco a un tercio desde la proa y protegidos con un soporte de dique bajo los mismos, disponiendo, en el cuarto final de la quilla en popa, de un quillote que aumenta la superficie mojada y da estabilidad al rumbo.

Sobre la cubierta principal, en popa, se sitúa un chigre de remolque de capacidad y frenado de hasta tres veces la tracción del remolcador. A popa del chigre se sitúa un arco (U invertida) por donde pasa el cable o cabo para dar al buque a asistir.

El conjunto indicado permite una gran maniobrabilidad para actuar en lugares de poco espacio y tirar o empujar en una operación rápida, maniobrando con los propulsores y arriando o virando el cable/cabo de remolque con el mencionado chigre, que se maneja a distancia tanto desde la misma cubierta, como desde el Puente de Gobierno.

El gobierno de los propulsores y motores principales se realiza por medio de mandos independientes de cada equipo propulsor, situados en el Puente de Gobierno.

El Tractor trabaja siempre con el cabo a popa. En esto se diferencia del diseño convencional

(ASD), que en puerto trabaja siempre con el cable/cabo a proa y en el remolque de altura con el cable del chigre de popa.

La velocidad del Tractor marcha atrás es, aproximadamente, el 95% de la velocidad marcha avante.

Entre los remolcadores tractores, se distinguen según el tipo de propulsor:

#### **I. De propulsores epicicloidales**



Conocidos como Voith Schneider. El sistema de propulsión cicloidal, Voith Schneider, se aplica al remolque portuario desde el año 1950, aunque la idea nace en el año 1926. Consiste en palas dispuestas verticalmente y que giran sobre un eje variable también vertical siguiendo una trayectoria circular, lo que permite el desplazamiento del buque en todas las direcciones.

La principal ventaja de este tipo de propulsor es la maniobrabilidad. Por el contrario, tiene menor rendimiento y una mayor vulnerabilidad que las hélices convencionales o en tobera. Estas características la hacen especialmente adecuada para los remolcadores de puerto.

Los tractores Voith presentan las siguientes características de diseño y funcionamiento:

- Llevan dos propulsores Voith (VSP) a un tercio de la proa.
- Son propulsores de paso variable, muy robustos, prácticamente sin mantenimiento y de muy bajas revoluciones (aprox. 70 r.p.m.).
- Los propulsores VSP no sólo propulsan el Tractor (2 palancas), sino que, además, lo gobiernan (volante). Las palancas controlan el empuje longitudinal (marcha avante / marcha atrás, pasando siempre por cero cuando cambia de signo), permitiendo trabajar a cada propulsor de forma independiente, aún cuando en maniobras siempre trabajan paralelos. El volante controla el empuje transversal (gobierno) y las barras de mando o control de ambos propulsores van rígidamente unidas, de manera que trabajen ambos propulsores conjuntamente con un único gobierno. El volante tiene prioridad sobre las palancas (prioridad de gobierno sobre el avance).
- El control de mando de los propulsores es mecánico. En caso de caída de la planta eléctrica, el buque puede seguir operando mientras los motores funcionen.
- El sistema de propulsión del tractor Voith es redundante, lo que implica un alto grado de seguridad del remolcador y para el buque asistido. Un sistema redundante es el que actúa al menos, duplicándose a sí mismo, de manera que en caso de fallo de una unidad, el sistema sigue actuando igual, aunque con menor intensidad.
- El eje de giro en la evolución, es la vertical que pasa por el arco de remolque. Esta característica de diseño permite al Tractor la escolta o toma del

cabo a proa y salirse de la misma sin peligro, dando un pequeño paso lateral con el volante, sin dar con su popa en el casco del buque ni ser arrollado por el mismo.

– Los propulsores Voith son de palas orientables o de paso variable, por lo que permiten trabajar con r.p.m. constantes de los motores, lo que implica un menor mantenimiento y menos averías de los mismos.

– El tractor Voith lleva una placa de defensa de los propulsores y un quillote a popa. Ambos elementos estructurales, y que permiten la varada del buque sobre los mismos.

– El quillote aumenta el área mojada vertical y compensa el área mojada vertical del conjunto propulsores/defensa.

– En ambas líneas de ejes, el sistema Voith dispone de un turbo acoplamiento Voith (VTC), que es un acoplamiento hidráulico que lleva un sistema de vaciado del aceite hidráulico cuando el propulsor engancha un cabo u otro objeto, de manera que protege el motor desacoplándolo de la línea de ejes en caso de bloqueo del propulsor. La otra función del VTC es reducir la transmisión de las vibraciones torsionales entre motor y propulsor.

– El tractor Voith tiene una gran estabilidad, no sólo por el propio diseño, sino por el gran peso de los propulsores, aproximadamente de 22 a 105 toneladas cada uno (tipo R), para potencias entre 1250 y 4200 kW.

– El tractor Voith puede hacer la maniobra de tiro indirecto, con total seguridad, con velocidades del buque de hasta 11 y 12 nudos. Llamamos maniobra de tiro indirecto o tiro dinámico a poner el remolcador a la trapa o a la contra. En esta situación de tiro dinámico, a mayor velocidad del buque, el tractor Voith hace una mayor tracción sobre el cabo del remolque.

Las formas del remolcador con este tipo de propulsión se van a ver afectadas de la siguiente manera:

– La posición y el tamaño del quillote dependerá, a su vez, de la posición del gancho de remolque.

– Las palas se encuentran protegidas por una placa que hace las veces de tobera, pero que aumenta el calado del buque.

– Las órbitas de las palas tienen unos 3 m de diámetro lo que se traduce en un aumento de la manga.

– Dada la gran maniobrabilidad que proporcionan estos propulsores, las formas tienden a ser simétricas respecto a la cuaderna maestra, de forma que el buque pueda navegar adelante y atrás sin problemas.

## **II. De propulsores azimutales**

Conocidos como Schottel. Aunque compiten con este último otros fabricantes como: Aquamaster, Kamewa, Ulstein, Niigata, etc. En este tipo de remolcador, el propulsor es una hélice en tobera cuyo eje motriz es vertical, lo que permite el giro del conjunto a modo de timón.

### **B) Remolcadores convencionales**

El sistema de propulsión está formado por una o más hélices convencionales situadas a popa y unidas a la maquinaria principal mediante un eje rígido. El gancho de remolque se sitúa lo más a proa posible, teniendo en cuenta que cuanto más a proa se coloque mayor será la efectividad del remolque, pero irá en detrimento de la estabilidad.

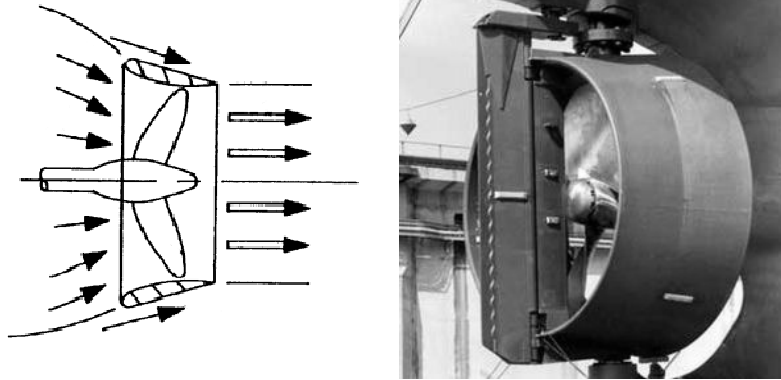
Para mejorar la maniobrabilidad y la seguridad suelen incorporar dos hélices, si bien pueden llevar sólo una. Con el fin de aumentar la capacidad de remolque se instalan hélices en tobera. Las más importantes son las toberas Kort que consisten en una tobera alrededor de la hélice de forma que se incremente la velocidad del agua que hay en torno al propulsor, aumentando así su rendimiento.

Las formas del casco suelen ser de tipo hidrocónico, con doble codillo. Llevan un quillote a popa que incrementa la estabilidad de rumbo al tiempo que aumenta el área lateral. Además en los remolcadores de altura se monta un bulbo a proa para mejorar la velocidad en navegación libre. Así mismo, el castillo suele estar elevado y bien protegido de forma que permita el trabajo de la tripulación en esa zona con mala mar.

Con el tiempo, el remolcador convencional se ha ido diseñando reduciendo la eslora y aumentando la manga y el puntal, al objeto de poder instalar mayor potencia de máquina/s, hélice de paso variable, tobera giratoria tipo Kort con timón fijo o timón-flap, o bien, sistema Tow-Master (tobera fija con cinco timones, dos de ataque en proa y tres en popa) para conseguir mayor estabilidad, tracción y maniobrabilidad.

Suelen tratarse de remolcadores destinados a:

- Manejo de anclas en plataformas petrolíferas.
- Apoyo a plataformas offshore.
- Remolcadores de altura y salvamento.



Tobera Kort

### C) Remolcadores con propulsión azimutal a popa

El remolcador con propulsión azimutal a popa con timón tobera, se asemeja al remolcador de dos hélices, sin embargo, con este tipo de propulsión se mejora mucho la maniobrabilidad. Por la colocación de los propulsores a popa y el gancho de remolque a proa, estos remolcadores normalmente tiran o empujan con la proa del barco, aunque pueden remolcar por la popa y por el costado.

Las prestaciones equivalen a las de un remolcador empujador más uno convencional.

Las formas de popa y la estructura deben modificarse de forma que puedan albergar el propulsor y soportar los esfuerzos del timón tobera. Normalmente se instalan dos propulsores que pueden orientarse de forma independiente.

Las ventajas de este sistema de propulsión son:

- Aumento de la maniobrabilidad para la misma capacidad de tiro.
- Mínimo aumento del calado a popa frente a los remolcadores convencionales.
- Buen comportamiento navegando dando atrás.

- Posibilidad de trabajar con tiro indirecto.

Este tipo de propulsión se utiliza en remolcadores de puerto de gran potencia.

#### **D) Remolcadores tipo empujador**

La concepción de “Empujador” es contraria a la del tractor. Los propulsores, normalmente epicicloidales o azimutales, se montan a popa y el gancho o chigre de remolque a proa. Al empujar lo hacen por proa y al tirar igualmente por proa sin necesidad de reposicionar.

Al igual que en los de tipo tractor, la estabilidad del buque se verá afectada por:

- Los esfuerzos hidrodinámicos que se generan en el tiro indirecto.
- La posición de los propulsores.

#### **E) Remolcadores mixtos**

Se trata de un remolcador con hélice convencional al que para mejorar su maniobrabilidad se le incorpora una pequeña hélice azimutal a proa. Esta hélice puede aumentar también el tiro a punto fijo de 2 a 6 toneladas si se orienta hacia popa.

Esta solución se ha adoptado en remolcadores convencionales ya construidos, puesto que la incorporación de una hélice a proa no requiere importantes modificaciones.

### **1.3 MODOS DE OPERACIÓN**

Las modalidades de remolque más usadas en la actualidad se dividen según el tipo de tiro utilizado:

#### **A) Tiro directo**

El remolque de tiro directo es aquél en el que el tiro efectivo sobre el buque remolcado recae directamente en la potencia desarrollada por el motor del remolcador. Para lograr un incremento de la potencia de tiro dentro de esta modalidad es preciso desarrollar una mayor potencia de los motores del

remolcador, lo que implica un mayor desplazamiento del buque y una reducción notable de su maniobrabilidad.

Es la forma de operación más común. Es de aplicación a bajas velocidades, menos de 5 nudos, ya que según aumenta la velocidad la mayor parte de la potencia se utiliza para mantener al remolcador en su posición, disminuyendo el tiro drásticamente hasta anularlo, en este caso se usa el método indirecto.

### **B) Tiro indirecto**

El remolque por tiro indirecto aprovecha la potencia suministrada por el motor del remolcador junto con la fuerza hidrodinámica del agua sobre el casco, regulando la potencia resultante con el ángulo de la fuerza de tiro del remolque.

El remolcador se sitúa a popa del buque asistido y ambos se ponen a la misma velocidad de avance entre 5 y 10 nudos. El tiro se produce cuando el remolcador se sitúa al costado del buque y en un ángulo de ataque apropiado, relativo al flujo de agua, generando un gran esfuerzo sustentador hidrodinámico en la obra viva del remolcador. Los propulsores en este modo sólo se usan para mantener la posición oblicua del remolcador, para maximizar la fuerza sustentadora.

Esta forma de operación se conoce como “tiro a la trappa” debido a la pantalla hidrodinámica que forma el remolcador. La operación completa consiste en ir tirando desde ambos costados, a la vez si se realiza con dos remolcadores o alternando si es uno sólo. La máxima fuerza de tiro para que esta operación se realice de forma óptima debe estar por encima del doble del tiro a punto fijo.

La diferencia principal entre ambos tipos de remolque está en el aprovechamiento de las fuerzas hidrodinámicas producidas sobre el casco del remolcador y la velocidad relativa del agua, que producen un incremento del tiro proporcional al cuadrado de la velocidad del buque remolcador.

Durante el desarrollo de las operaciones de remolque, el aumento de potencia del tiro indirecto provoca grandes esfuerzos sobre las líneas de remolque de un remolcador, esta característica hace necesaria la incorporación

de un elemento nuevo, una guía que obliga a la línea de remolque a pasar por ella. Esta guía está ubicada entre la maquinilla y el barco remolcado y constituye el punto más débil de la línea de remolque, ya que es allí donde se soportan los mayores esfuerzos.

El método de tiro indirecto es capaz de soportar grandes esfuerzos gracias al equilibrio de tres fuerzas diferentes: la hidrodinámica, la propulsora y la fuerza del tiro de remolque. Esta última se consigue manteniendo al remolcador en un cierto ángulo con respecto a la línea del remolque y el buque remolcado.

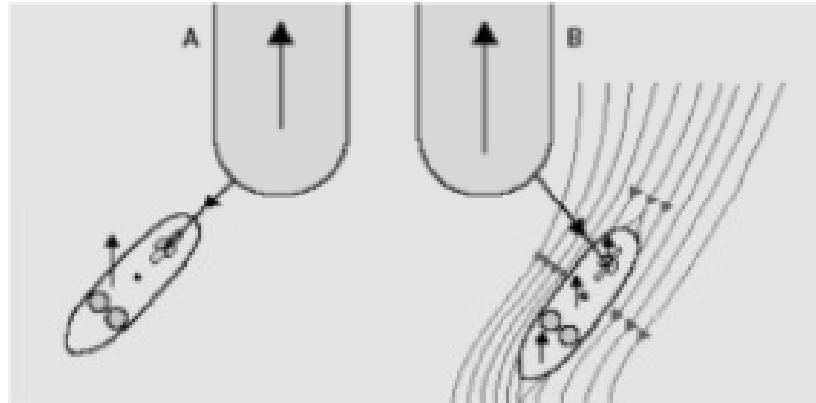
Para que este sistema sea verdaderamente efectivo, la trayectoria de la línea de remolque ha de pasar por una guía situada en cubierta, necesaria para asegurar el punto de aplicación de las fuerzas de tiro.

Las guías que habitualmente se utilizan en los remolcadores están constituidas por estructuras fijas formadas por un polín soldado a cubierta, del cual salen dos cilindros verticales o inclinados respecto a la vertical, unidos en su parte superior por un cilindro en forma de arco. Están contruidos de chapa de acero y se sitúan en la línea de crujía del remolcador en la zona de popa.

La bita guía tiene dos aplicaciones, una de ellas es la de marcar la distancia a la que se realiza el esfuerzo de tiro indirecto y la segunda consiste en la alineación del remolque a la entrada o salida de la maquinilla para que el tambor pueda estibarlos ordenadamente. Durante el desarrollo de las operaciones, la línea de remolque a su paso por la bita guía está sometida a dos fuerzas: el rozamiento del cable con la guía (inevitable), y el alargamiento provocado por la fuerza del tiro a tracción. El alargamiento producido depende de varios factores: la longitud del remolque, el tiro desarrollado y la elasticidad aparente del cable. La consecuencia de este alargamiento es un incremento de la longitud de la línea a medida que el tiro aumenta, lo que degenera en una deformación de la línea, que provoca estirones, deslizamientos bruscos y violentos que producen frecuentemente la rotura de la línea de remolque, con el consiguiente riesgo de accidente que esto supone.

El tiro indirecto es el mejor método para ayudar a un buque con buena arrancada avante a efectuar giros pronunciados, cuando éstos no son capaces

de realizarlo por sí solos. También se emplea el método indirecto en los buques parados, en algunos reviros con espacios limitados, y en la parte final del atraque para aproximarse al muelle, cuando ya no disponemos de espacio entre el buque y éste para tirar directamente.



Modos de operación. A-Tiro directo y B-tiro indirecto.

## 1.4 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL DISEÑO

Los remolcadores son embarcaciones cuya función principal consiste en ayudar a otros barcos más grandes con menos facilidades de maniobra.

A continuación definiremos las principales consideraciones que hay que tener en cuenta en el diseño de un remolcador:

- La estabilidad de un remolcador es muy importante debido a los grandes esfuerzos que realiza.
- La tracción provoca un momento de vuelco que debe ser soportado sin riesgo por el remolcador.
- Debe poseer una estabilidad favorable bajo todas las condiciones de carga y remolque, por ello deberán analizarse los efectos de remolque sobre la estabilidad transversal.
- Como necesita una estabilidad inicial bastante amplia, es muy importante la elección de la manga del buque, dada la gran influencia que esta dimensión tiene en la estabilidad, considerándose la mayor posible. Además, el francobordo ha de alcanzar valores muy altos y estar homogéneamente distribuido.
- La maquinaria principal de propulsión y la auxiliar, deben poseer la capacidad necesaria para facilitar la fuerza máxima cuando se remolque



o empuje. Debe estar capacitada para poder dar en el tiempo más corto posible el máximo rendimiento.

- Los equipos de remolque deben ser capaces de soportar unas tensiones superiores al tiro a punto fijo.
- El casco debe ser de sólida construcción para soportar el es fuerza al que va a estar sometido.
- Debe poseer equipos redundantes tanto en los sistemas propulsivos como en los auxiliares, para conseguir altos niveles de seguridad, fiabilidad y no impedir la operatividad del buque.
- Debe tener una buena visibilidad desde el Puente para poder ofrecer una rápida respuesta y que las labores de socorro se realicen de manera satisfactoria.

## 2 ESPECIFICACIONES

Una vez hemos perfilado una breve visión sobre las diferentes opciones de diseño existentes a la hora de afrontar el proyecto de un remolcador. Nos encontramos en la situación apropiada para poder iniciar las tareas encaminadas a diseñar el buque objeto de este documento, sin perder nunca de vista las funciones que deberá afrontar de una forma eficaz y eficiente.

Es en este momento, cuando consideramos las concretas especificaciones demandadas que deberemos ir implementando en su correcto y estricto cumplimiento:

### Proyecto Nº:

**Tipo de buque:** Remolcador de puerto

**Clasificación, cota y Reglamentos de aplicación:** Germanischer Lloyd's  
✕100 A5 TUG ✕MC AUT FF1

**Características:** Buque remolcador de puerto. C.I. Exterior. 55tn de tracción a punto fijo

**Velocidad y Autonomía:** 10 nudos en condiciones de servicio, 85% MCR+15% de margen de mar. 2.000 millas a la velocidad de servicio.

**Sistemas y Equipos:** Maquinilla de remolque. Gancho de remolque giratorio y articulado. Los específicos y normales en éste tipo de buque

**Propulsión:** Azimuth Stern Drive

**Tripulación y Pasaje:** 6 personas

**Otros Equipos e Instalaciones:** Los habituales en este tipo de buques.

### **3 DIMENSIONAMIENTO PRELIMINAR**

Para la base de datos se han escogido aquellos remolcadores más parecidos al buque proyecto

El primer paso es recopilar información sobre buques existentes para la creación de una base de datos. Todos los buques seleccionados tienen el mismo tipo de propulsión y un RPA parecido.

Para la base de datos se han escogido aquellos remolcadores más parecidos al buque proyecto.

Aquellos datos que no hayan podido ser confirmados quedan en blanco en la tabla para que no afecten a las regresiones. Aquellos buques de idénticas características, pertenecientes a una serie o modelo de un astillero han sido considerados como uno solo.

Los buques que se han tomado como referencia se presentan en la tabla 1.1. Las fuentes de los datos se acompañan en el Anexo I.



Tabla 1.1

NOMBRE	DIRECCION	TPF	ESLORA	MANGA	PUNTAL	CALADO	VELOCIDAD	POTENCIA (BHP)	POTENCIA (KW)	TRIPULACION	UTILIDAD	TPF/BHP	L/B	L/D	L/T	B/D	B/T	D/T
Dihez	Astilleros Freire	44	25,00	9,00	4,70	3,40		3300	2462			13,33	2,78	5,32	7,35	1,91	2,65	1,38
PDVSA Amuay	Astilleros ría de Avilés	70	25,00	11,60	5,00	4,20	12,00	6303	4700			11,11	2,16	5,00	5,95	2,32	2,76	1,19
Al Hani	Astilleros ría de Avilés	45	25,00	11,00	5,00	4,00		3700	2760			12,16	2,27	5,00	6,25	2,20	2,75	1,25
Passos Gouveia	Astilleros ría de Avilés	45	25,00	9,00	4,70	3,40		3300	2462			13,64	2,78	5,32	7,35	1,91	2,65	1,38
Hocho	Astilleros ría de Avilés	40	25,00	8,50	4,70	3,40		3300	2462			12,12	2,94	5,32	7,35	1,81	2,50	1,38
Cerro Campana	Astilleros Armon	82	28,90	13,50	5,17	3,24	12,00	6249	4660	10		13,12	2,14	5,59	8,92	2,61	4,17	1,60
Aquiles	cintrana-val-defcar	60	25,00	11,00	3,90	2,50	12,00	5149	3840	10		11,65	2,27	6,41	10,00	2,82	4,40	1,56
Ponta do pargo	Astilleros Armon	50	25,00	9,80	4,70	3,40	12,00	3701	2760	10		13,51	2,55	5,32	7,35	2,09	2,88	1,38
Fairplay I	Astilleros Armon	65	25,00	11,20	5,25	4,25	12,30	4962	3700			13,10	2,23	4,76	5,88	2,13	2,64	1,24
Capitaine Louis Thomas	Astilleros Freire	55	24,99	9,50	4,70	3,50	12,70	4291	3200	4		12,82	2,63	5,32	7,14	2,02	2,71	1,34
ASD Tug 2913	Damen	85	28,90	13,23	5,35	5,35	13,70	6772	5050			12,55	2,18	5,40	5,40	2,47	2,47	1,00
ASD Tug 2411	Damen	70	24,47	11,33	4,60	5,35	13,00	5632	4200			12,43	2,16	5,32	4,57	2,46	2,12	0,86
ASD Tug 2810	Damen	60,2	28,67	10,43	4,60	4,71	13,40	4935	3680			12,20	2,75	6,23	6,09	2,27	2,21	0,98
ASD Tug 2310	Damen	50	22,73	10,43	4,50	4,35	12,50	4023	3000			12,43	2,18	5,05	5,23	2,32	2,40	1,03
ASD Tug 2009	Damen	30	21,19	9,43	4,00	3,66	11,50	2602	1940			11,53	2,25	5,30	5,79	2,36	2,58	1,09

### 3.1 Cálculos por el método del “Proyecto Básico del Buque Mercante”.

Según el libro del “Proyecto Básico del Buque Mercante” existe una relación que liga la potencia instalada con el tiro a punto fijo:

$$Pot = K_1 \cdot TPF$$

Donde  $K_1$  se encuentra en función del tipo de propulsión, en este caso dos hélices con tobera, azimutal.  $K_1 = 55$

$$Pot = 3025 Kw = 4057 Hp$$

Calculamos ahora el desplazamiento ( $\Delta$ ), en función de la potencia propulsora, Pot, y de la velocidad en aguas libres, V.

$$\Delta = K_2 \cdot \frac{Pot^{1,5}}{V^2} = 1,07 \cdot \frac{3025^{1,5}}{10^2}$$

$$\Delta = 1780 \text{ tn}$$

K <sub>2</sub>	
Pot KW	K <sub>2</sub>
1000	0,95
2000	1,03
4000	1,11
8000	1,23

A partir del desplazamiento obtenemos la eslora por la relación:

$$L_{pp}^3 = K_3 \cdot \Delta = 68 \cdot 1780$$

$$L_{pp} = 49,4 \text{ m}$$

K <sub>3</sub>	
$\Delta$	K <sub>3</sub>
600	64
1000	64
1800	68
2600	71

La manga el puntal y el calado los calcularemos según los gráficos de la página 524:

$$B = 6,2 + 8,1 \cdot 10^{-4} BHP + \frac{1393}{BHP} = 6,2 + 8,1 \cdot 10^{-4} \cdot 4057 + \frac{1393}{4057}$$

$$B = 9,83 m$$

$$D = 7,8 - \frac{15050}{BHP} + \frac{1,16 \cdot 10^7}{BHP^2} = 7,8 - \frac{15050}{4057} + \frac{1,16 \cdot 10^7}{4057^2}$$

$$D = 4,8 m$$

$$T = 5,7 - \frac{4115}{BHP} - \frac{5,63 \cdot 10^6}{BHP^2} = 5,7 - \frac{4115}{4057} - \frac{5,63 \cdot 10^6}{4057^2}$$

$$T = 4,34 m$$

### 3.2 Método de Arnaldos

Según Manuel Arnaldos, la eslora entre perpendiculares puede deducirse aproximadamente a partir de una fórmula que relaciona la eslora con la potencia:

$$L_{pp} = \sqrt{\frac{BHP}{3} + 334} - 0,833$$

Donde la potencia propulsora la obtenemos de la expresión:

$$TPF = \frac{BHP}{K} (tn), \text{ siendo para este caso } K = 67. \text{ Por lo tanto:}$$

$$BHP = TPF \cdot K = 55 \cdot 67 = 3685 BHP$$

$$L_{pp} = \sqrt{\frac{3685}{3} + 334} - 0,833$$

$$L_{pp} = 38,7 m$$

Siguiendo con Arnaldos:

$$B = 0,285 \cdot L_{pp} = 0,285 \cdot 38,7$$

$$B = 11 m$$

$$H = 0,14 \cdot L_{pp}$$

$$H = 5,42 m$$

Conocido H, sacamos el calado de las tablas:

$$T = 5 m$$

### 3.3 Cálculos utilizando ArqNaval.

Introduciendo el tipo de remolcador, el tipo de propulsión, el tiro y la velocidad obtendremos:

DATOS para REMOLCADORES	
Tipo de remolcador(1/[21]) (*):	1
Tipo de propulsor (1 a 6) (*):	5
Tiro a punto fijo (t) :	55
Velocidad aguas libres(nudos):	10

DIMENSIONES PRELIMINARES	
(<? deben comprobarse y ajustarse >)	
Eslora entre PP (m) :	45.30
Manga trazado (m) :	12.94
Puntal a Cta. Sup (m) :	6.16
Calado medio (verano) (m) :	2.98
Coefficiente de bloque :	0.79
Desplazamiento (t) :	1421
MCO motor(es) prop. (BHP) :	3927

### 3.4 Cálculo de las dimensiones B, D y T a partir de las regresiones lineales.

El dato de partida para el dimensionamiento de un remolcador es el Tiro a Punto Fijo (TPF) exigido en la especificación. En este caso será de 55 tn.

Tomando en consideración los datos sobre buques similares, estudiamos la relación existente entre el tiro y la potencia.

Los cálculos de las rectas de regresión han sido calculados con Excel. Y las tablas de las regresiones se adjuntan en el Anexo II.

$$\text{BHP} = 80,24 \cdot \text{TPF} - 5,4317, \text{ y siendo } \text{TPF} = 55$$

$$\text{Obtenemos un valor de BHP} = 4407 \text{ CV}$$

A continuación obtenemos la Lpp en función de nuestro RPA (TPF). Si obtenemos el valor de Lpp a partir de la potencia calculada anteriormente, y también del tiro dado como requerimiento, con las correspondientes relaciones, obtenemos dos valores muy cercanos. Haciendo la media de ambos, tenemos la Lpp con la que continuaremos nuestro proceso:

$$\text{Lpp} = 0,0011 \cdot \text{BHP} + 20,191 \rightarrow \text{Lpp} = 25 \text{ m}$$

$$\text{Lpp} = 0,0973 \cdot \text{TPF} + 19,8 \rightarrow \text{Lpp} = 25,15 \text{ m}$$

$$L_{pp_{med}} = 25,07 \text{ m}$$

El valor de  $L_{pp} = 25,07 \text{ m}$  es el valor de la eslora que utilizaremos. A partir de este dato se obtendrán las demás dimensiones a partir de regresiones:

- $L_{pp}/B = 0,0088 \cdot L_{pp} + 2,1947 \rightarrow L_{pp}/B = 2,42 \rightarrow B = 10,36 \text{ m}$
- $L_{pp}/D = 0,0825 \cdot L_{pp} + 3,2869 \rightarrow L_{pp}/D = 5,36 \rightarrow D = 4,68 \text{ m}$
- $L_{pp}/T = -0,1484 \cdot L_{pp} + 2,9513 \rightarrow L_{pp}/T = 6,67 \rightarrow T = 3,75 \text{ m}$

Ya tenemos la manga definida ( $B=10,36\text{m}$ ), a continuación hallamos  $D$  en función de la manga con las regresiones:

- $B/D = 0,1397 \cdot B + 0,7666 \rightarrow B/D = 2,21 \rightarrow D = 4,69 \text{ m}$
- $B/T = 0,1537 \cdot B + 1,1633 \rightarrow B/T = 2,75 \rightarrow T = 3,76 \text{ m}$

Con este nuevo valor de  $D$  calculamos  $T$ :

- $D/T = -0,0228 \cdot D + 1,3521 \rightarrow D/T = 1,24 \rightarrow T = 3,78 \text{ m}$

Las dimensiones serán:

- $L_{pp} = 25,07 \text{ m}$
- $B = 10,36 \text{ m}$
- $D = 4,69 \text{ m}$
- $T = 3,76 \text{ m}$

### 3.5 Resumen

Método utilizado	Lpp	B	D	T	BHP
Regresiones lineales	25,07	10,36	4,69	3,76	4407
Proyecto Básico del Buque Mercante	49,40	9,83	4,80	4,34	4057
ArqNaval	45,30	12,94	6,16	2,98	3927
Arnaldos	38,70	11,00	5,42	5,00	3685
<b>Buque Final</b>	<b>37,72</b>	<b>11</b>	<b>5,25</b>	<b>4</b>	<b>4019</b>

Analizando los resultados vemos que la eslora obtenida de analizar la base de datos difiere de los otros métodos. Consideraremos que es la más correcta puesto que es obtenida de buques similares. La consideraremos como la opción más adecuada.

## 4 CÁLCULO DE LA CIFRA DE MÉRITO

Una vez obtenidas las dimensiones vamos a optimizarlas para encontrar la más adecuada utilizando la Cifra de Mérito. Utilizaremos el coste de construcción mínimo, por ser un buque que no está sujeto a fletes ni viajes regulares que permitan calcular con seguridad sus costes operativos a lo largo de su ciclo de vida.

C.C. = Coste Materiales Granel (CMg) + Coste Equipo y su Montaje (CE) + Mano de Obra Materiales a Granel (CMo) + Costes Varios (VA)

- Coste de materiales a granel

$$CMg = ccs * cas * cem * ps * PS$$

Donde:

ccs = % perfiles respecto total acero = 1.1

cas = coeficiente aprovechamiento material = 1.15

cem = % acero no estructural y tuberías = 1.1

ps = precio tonelada acero = 450 €/ton

PS= peso acero

Este último valor es función de las dimensiones del buque, y se usan las siguientes fórmulas que ligan las dimensiones principales del buque con esta medida:

$$PS = \left(\frac{L}{10}\right)^{1.3760} \cdot \left(\frac{B \cdot D}{100}\right)^{0.7449} \cdot (0.0542 - 0.0017 \cdot Cb) \cdot 1000$$

- Coste de Mano de Obra Material a Granel

$$CMo = chm * csh * PS$$



Donde:

chm = costo horario medio del astillero =30 €/h

csH = coeficiente de horas por unidad de peso =50 hrs/ton

- Coste de Equipos y de su Montaje

$$CE = CEq \text{ (coste equipos)} + Cme \text{ (coste montaje)} = CEc + CEp + CHf + CER$$

Donde:

CEc= coste equipos de carga y descarga (No se considerará en este proyecto)

CEp= Coste equipos propulsión, auxiliares y su montaje = cep\*BP

cep= coeficiente de coste por unidad de potencia = 350 €/kW

BP = potencia propulsora = 3017 kW → en este caso, la potencia es un RPA.

CHf = coste de habilitación y fonda y su montaje = chf\*nch\*NT

Donde:

chf= coeficiente de coste por tripulante = 3500 €/trip.

nch= coeficiente de nivel de calidad de la habilitación = 1.1

NT= número de tripulantes y pasajeros 6 personas

CER= coste del equipo restante = ccs\*ps\*PEr

Donde:

ccs= 1.1

ps= 450 €/ton

PEr= peso equipo restante. Se usan fórmulas experimentales que nos dan este valor partiendo de las dimensiones. La expresión que se utilizará será:

$$PEr = 0.045 \cdot L^{\frac{1}{3}} \cdot B^{0.8} \cdot D^{0.3}$$

- Costes Varios

Representan entre un 5% y un 10% del coste de construcción total. Así:

$$VA = 0.1 \cdot CC$$

## 5 COEFICIENTES ADIMENSIONALES

El objetivo de este apartado es que partiendo de las dimensiones iniciales ir las variando entre un mínimo y un máximo, y para cada combinación, buscar los coeficientes dimensionales propios del buque y calcular un mínimo en el coste de construcción, este mínimo en un principio será la opción más adecuada.

Coeficiente	Formula
Coeficiente prismático (buque de 2 hélices)	$C_p = \frac{C_B}{C_m}$
Coeficiente de la Maestra	$C_m = 1 - 2 \cdot (Fr)^4$ con $Fr < 0.5$
Coeficiente de la Flotación	$C_f = 1 - 0,3(1 - C_p)$
Situación Longitudinal Centro de Carena	$\frac{X_{cc}}{L} \cdot 100 = 17,5 \cdot C_p - 12,5$ (positiva a proa a partir de la maestra)
Coeficiente de Bloque	$C_b = f \cdot 0,8217 \cdot L^{0,42} \cdot B^{-0,3072} \cdot T^{0,1721} \cdot v^{-0,6135}$ (Fórmula de Katsoulis)

Para el cálculo del coeficiente  $f$  habrá que usar un buque base, y utilizar el  $f$  de este buque:

Usaremos el buque Al Hani de Astilleros Ría de Avilés:  $L=25$ ;  $B=11$ ;  $T=4$ ;  $D=5$ ;  $V=10$ ;  $\Delta=610$

$$C_B = \frac{\Delta}{L \cdot B \cdot T \cdot \rho} = \frac{610}{25 \cdot 11 \cdot 4 \cdot 1,025} = 0,54$$

Calculamos el coeficiente  $f$ :

$$f = \frac{C_B}{0,8217 \cdot L^{0,42} \cdot B^{-0,3072} \cdot T^{0,1721} \cdot v^{-0,6135}} = 1,15$$

para cada iteración:

$$C_B = 1,15 \cdot 0,8217 \cdot L^{0,42} \cdot B^{-0,3072} \cdot T^{0,1721} \cdot v^{-0,6135}$$

## 6 DESARROLLO DE ITERACIONES Y ELECCIÓN DIMENSIONES

El proceso consiste en calcular la cifra de mérito cuya expresión ya dimos antes, para diferentes combinaciones de dimensiones y elegir las óptimas, es decir, las que minimicen el coste de construcción, que es la cifra de mérito que se utilizará.

Para las iteraciones trabajaremos de la siguiente manera:

Variaremos la eslora en intervalos de 0.25m, entre un 10% más de la inicial (27,58 m) y un 10 % menos (22,56 m). Para cada valor de eslora calculado, tendremos varios valores de manga, calculados en intervalos también de 0.25 m entre un 10 % más del inicial (11,44 m) y un 10 % menos (9,36 m).

$$22,50 < L_i < 27,75$$

$$9,9 < B_{ij} < 12,1$$

Para calcular los valores de puntal y calado para cada una de las parejas anteriores eslora – manga, mantendremos las relaciones que teníamos entre las dimensiones iniciales:

$$D = \frac{L_0 \cdot B_0 \cdot D_0}{L \cdot B}$$

Para el calado actuaremos de la misma manera:

$$T = \frac{L_0 \cdot B_0 \cdot T_0}{L \cdot B}$$

Debemos establecer unas condiciones que deben de cumplir las diferentes opciones, y para eso hacemos uso de las relaciones adimensionales. Fijamos unos límites, en concordancia con la base de datos que tenemos:

$$2,14 < L/B < 2,94$$

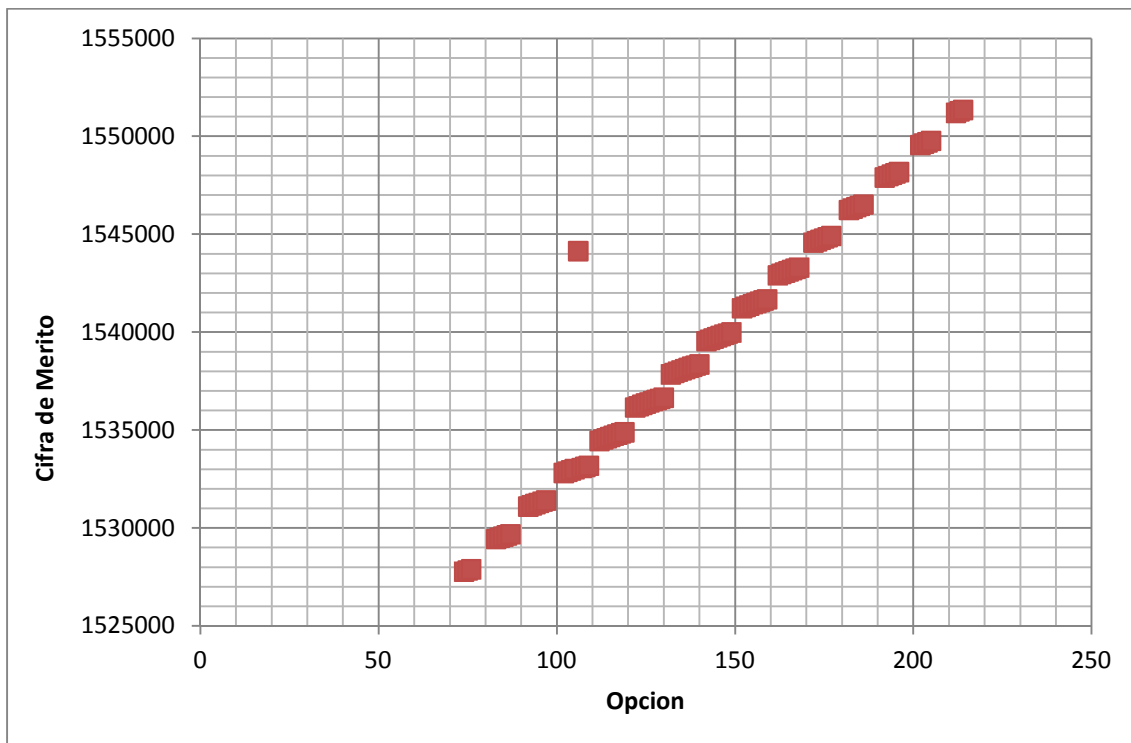
$$4,76 < L/D < 6,23$$

$$1,81 < B/D < 2,82$$

Al introducir estas limitaciones una parte de las opciones obtenidas no cumplen los requerimientos impuestos, por lo tanto estas opciones son descartadas. El total de iteraciones lo adjuntamos como Anexo IV.

Los datos han sido obtenidos utilizando la aplicación “Microsoft Excel”, que nos permite aplicar funciones lógicas y desechar las opciones no validas. Así mismo se ha procedido a evaluar las distintas ecuaciones antes mostradas para hallar las diferentes dimensiones y los diferentes costes así como el coste final de construcción del buque.

Finalmente hemos obtenido los diferentes costes de construcción de las diferentes opciones y las hemos ordenado de menor a mayor coste (Anexo III). El resultado es que a menor eslora menor coste de construcción, esto también lo podemos comprobar viendo la curva de las diferentes opciones frente al coste de construcción, vemos que sale una recta y que al descender la eslora también lo hace proporcionalmente el coste de construcción. Por lo tanto a menor eslora, menor coste. Pero también hemos de analizar que una característica muy importante de los remolcadores es la estabilidad, que viene dada en gran medida por la manga.



Finalmente hemos obtenido los diferentes costes de construcción de las diferentes opciones, y las hemos ordenado de menor a mayor coste. El

resultado es que a menor eslora menor es el coste de construcción. La opción que menor coste de construcción tiene es la opción con nº de Referencia 65, que es la de menor eslora que cumple los requerimientos impuestos sobre las relaciones adimensionales.

Opcion	Eslora	Manga	Puntal	Calado	Cb	Fr	Cm	Cp	Cf	Xcc
65	24	10,9	4,98	4,35	0,54	0,45	0,92	0,59	0,88	-0,53

PS	Per	CMg	CMo	Cequip	Cvarios	CM
112,8	1,42	70.632,26	169.199,32	1.133.653,21	152.609,42	1.526.094,21

Para la realización del proyecto vamos a utilizar como buque base el buque Al Hani, debido a que tiene unas formas parecidas a las que nos salieron calculando la cifra de mérito y a que disponemos de sus formas. A partir de ahora nos basaremos en sus formas para la realización del proyecto adaptándolo a nuestros RPA.

Opcion	Eslora	Manga	Puntal	Calado	Cb	Fr	Cm	Cp	Cf	Xcc
106	25	11	5	4	0,54	0,44	0,92	0,58	0,88	-0,57

PS	Per	CMg	CMo	Cequip	Cvarios	CM
115,72	1,42	72.462,87	173.584,55	1.133.654,17	153.300,18	1.533.001,77

## 7 ESTIMACIÓN PRELIMINAR DE PESOS

### Desplazamiento

El desplazamiento viene dado por:  $\Delta = \rho \cdot C_b \cdot L \cdot B \cdot T$ , siendo la densidad del agua  $1,026 \text{ tn/m}^3$ .

$$\Delta = 1,026 \cdot 0,54 \cdot 25 \cdot 11 \cdot 4$$

$$\Delta = 609,44 \text{ tn}$$

### Peso en rosca

El peso en rosca está compuesto por:

$$PR = P. Acero + P. Equipo Restante + P. Máquinas + P. varios$$

Para calcular el peso en rosca para este tipo de buques podemos utilizar la fórmula:

$$Peso en Rosca = Peso Acero + Peso Máquina + Pesos Equipo$$

$$PR = 0,14 \cdot L \cdot B \cdot D + 0,03 \cdot BHP + 0,045 \cdot L \cdot B \cdot D$$

$$PR = 0,14 \cdot 25 \cdot 11,5 + 0,03 \cdot 4407 + 0,045 \cdot 25 \cdot 11,5$$

$$PR = 386,59tn$$

### Peso muerto

El peso muerto es la diferencia entre el desplazamiento y el peso en rosca:

$$PM = \Delta - PR$$

$$PM = 609,44 - 386,59$$

$$PM = 222,85n$$

### Francobordo

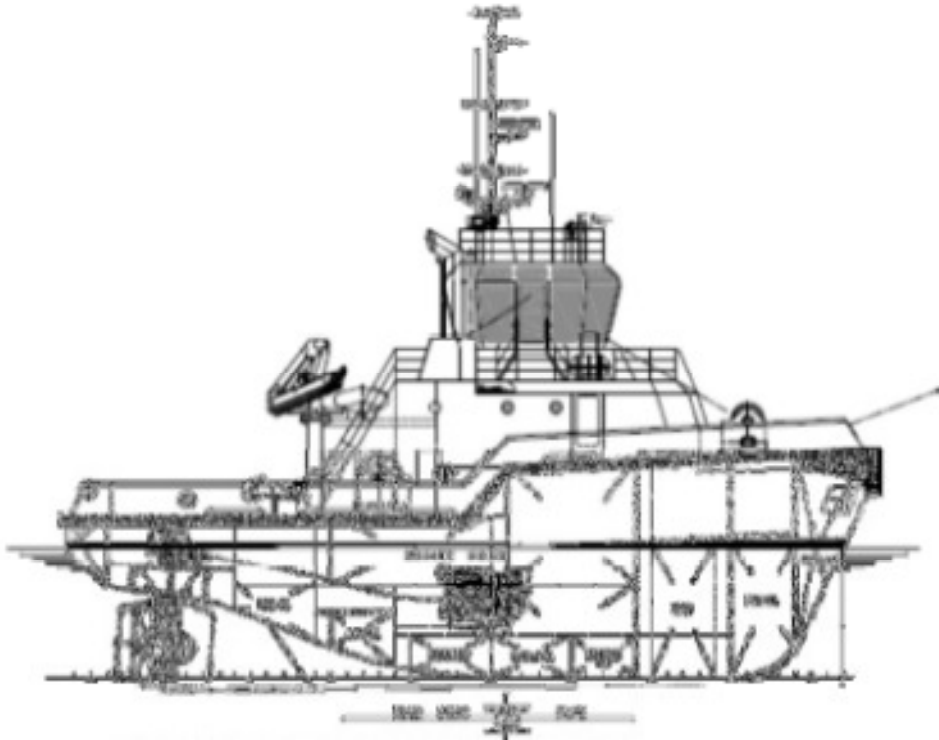
Se presenta un primer cálculo del francobordo utilizando el programa ARQNAVAL.

DATOS para FRANCOBORDO			
Tipo de Buque	:		10
Eslora LPP	(m)	:	25
Manga	(m)	:	11
Puntal	(m)	:	5
C. de Bloque	:		0.54
Calado de verano	(m)	(*)	4
Long. castillo (m ó l/LPP)	[0] (*)	:	0
Long. toldilla ( id )	[0] (*)	:	0
% curva de arrufo	[0] (*)	:	0
% arrufo	[0] (*)	:	0

Tipo	Fbordo(m)	Calado(m)
A :	0.345	4.658
B :	0.559	4.443
B-60:	0.559	4.443
A.dulce:		+ 0.079
Altura mínima en proa		1.330

### Disposición general:





# ANEXO I





Pablo Rodríguez Díaz

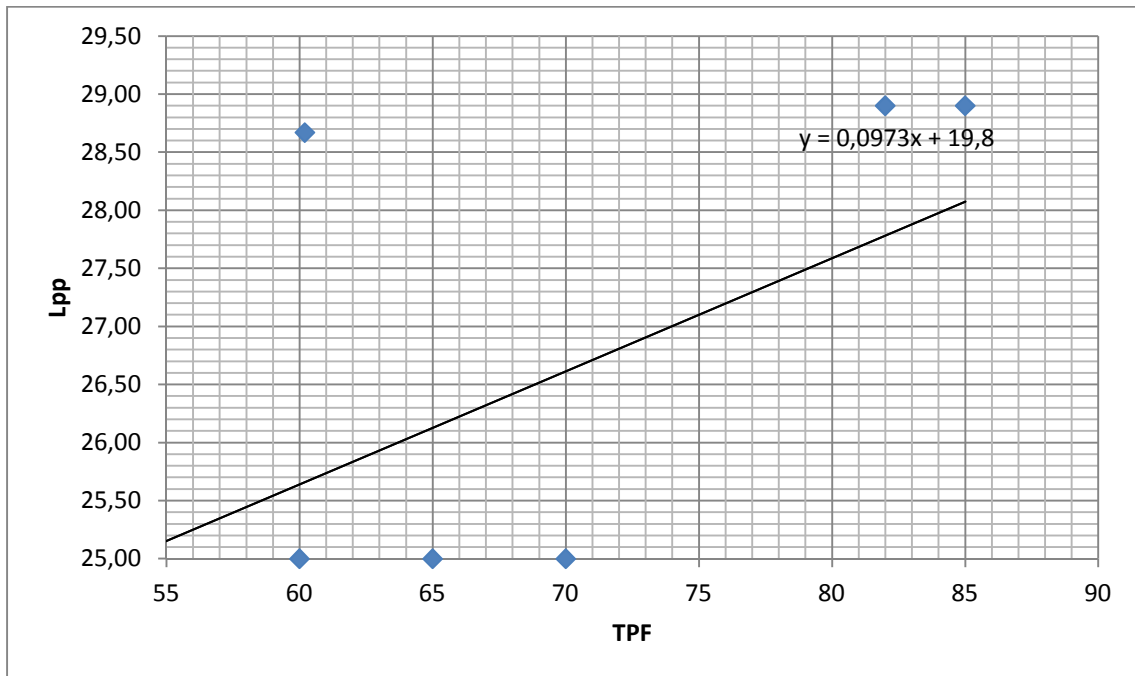
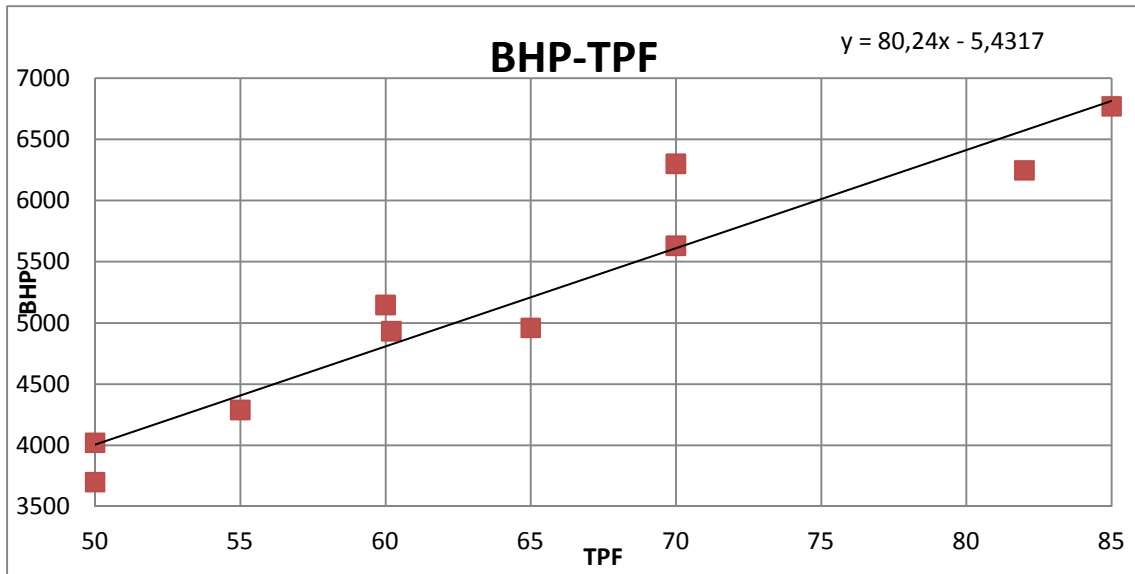
Remolcador de Puerto de 55 TPF

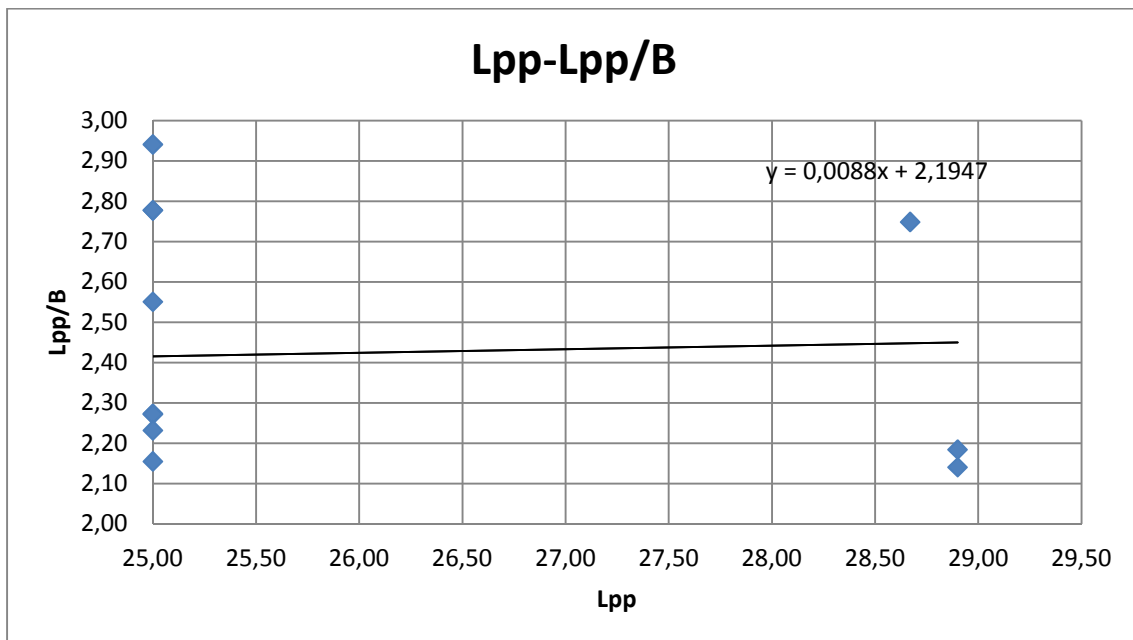
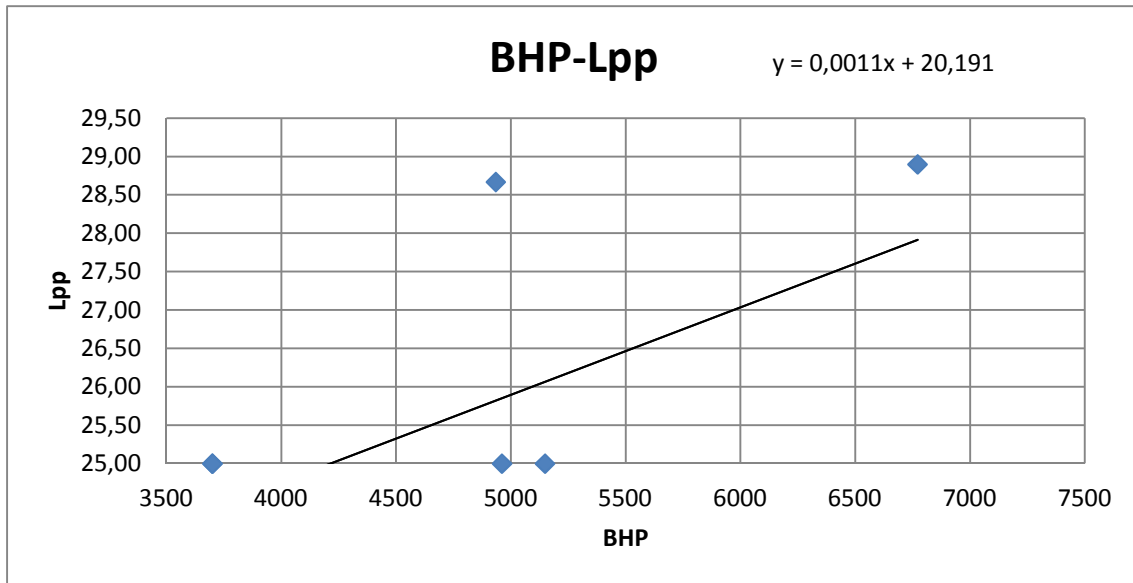
Dimensionamiento preliminar

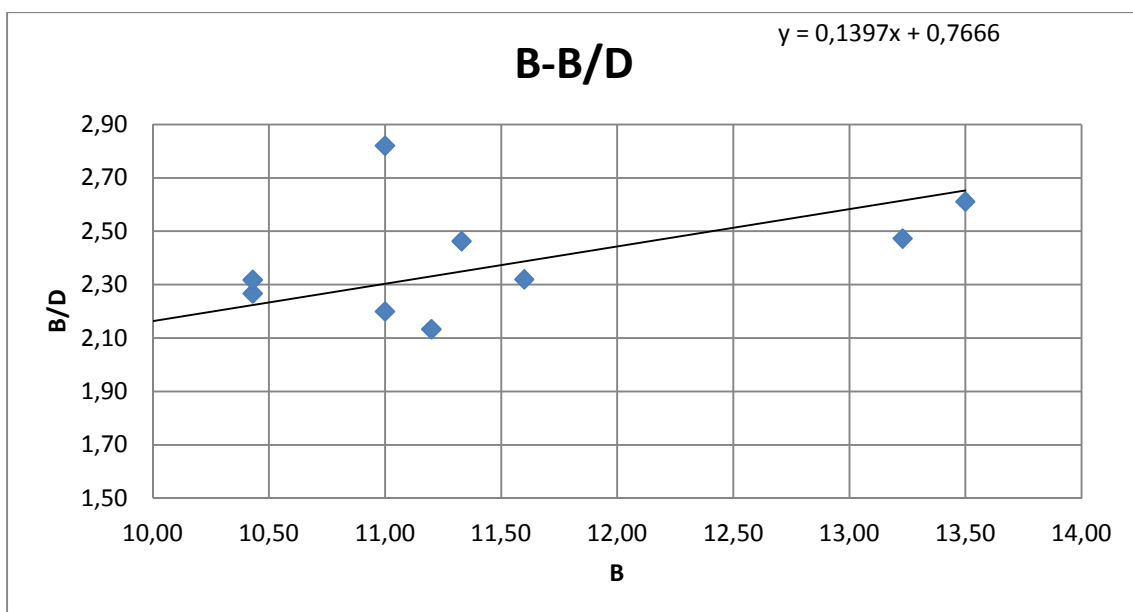
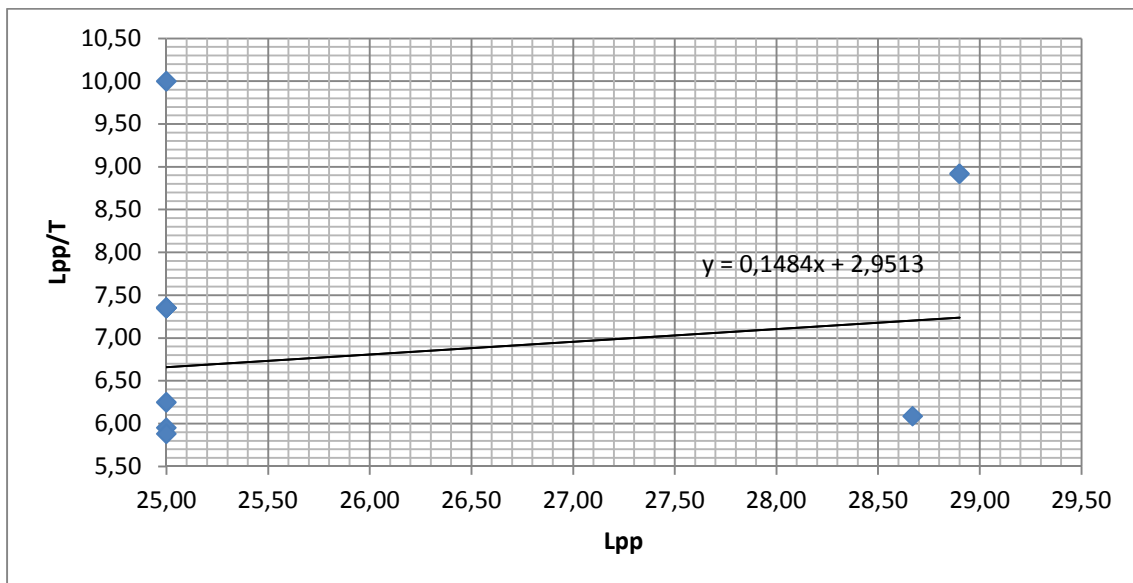
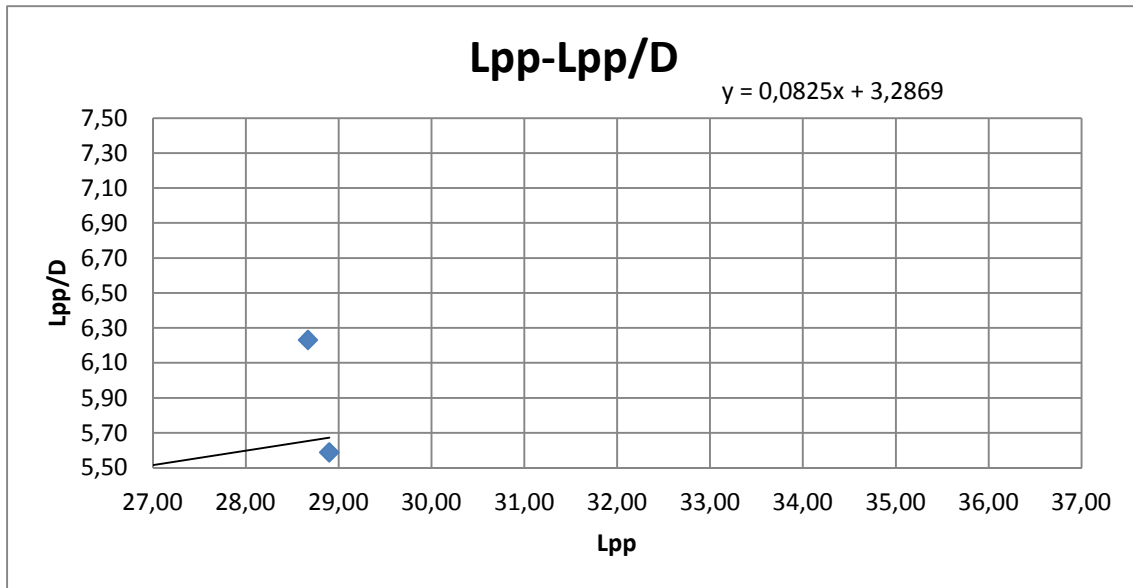
NOMBRE	DIRECCION	TPF	ESLORA	MANGA	PUNTAL	CALADO	VELOCIDAD	POTENCIA (BHP)	POTENCIA (KW)	TRIPULACION	UTILIDAD	TPF/BHP	L/B	L/D	L/T	B/D	B/T	D/T
Dihez	Astilleros Freire	44	25,00	9,00	4,70	3,40		3300	2462			13,33	2,78	5,32	7,35	1,91	2,65	1,38
PDVSA Amuay	Astilleros ría de Avilés	70	25,00	11,60	5,00	4,20	12,00	6303	4700			11,11	2,16	5,00	5,95	2,32	2,76	1,19
Al Hani	Astilleros ría de Avilés	45	25,00	11,00	5,00	4,00		3700	2760			12,16	2,27	5,00	6,25	2,20	2,75	1,25
Passos Gouveia	Astilleros ría de Avilés	45	25,00	9,00	4,70	3,40		3300	2462			13,64	2,78	5,32	7,35	1,91	2,65	1,38
Hocho	Astilleros ría de Avilés	40	25,00	8,50	4,70	3,40		3300	2462			12,12	2,94	5,32	7,35	1,81	2,50	1,38
Cerro Campana	Astilleros Armon	82	28,90	13,50	5,17	3,24	12,00	6249	4660	10		13,12	2,14	5,59	8,92	2,61	4,17	1,60
Aquiles	cintrana-val-defcar	60	25,00	11,00	3,90	2,50	12,00	5149	3840	10		11,65	2,27	6,41	10,00	2,82	4,40	1,56
Ponta do pargo	Astilleros Armon	50	25,00	9,80	4,70	3,40	12,00	3701	2760	10		13,51	2,55	5,32	7,35	2,09	2,88	1,38
Fairplay I	Astilleros Armon	65	25,00	11,20	5,25	4,25	12,30	4962	3700			13,10	2,23	4,76	5,88	2,13	2,64	1,24
Capitaine Louis Thomas	Astilleros Freire	55	24,99	9,50	4,70	3,50	12,70	4291	3200	4		12,82	2,63	5,32	7,14	2,02	2,71	1,34
ASD Tug 2913	Damen	85	28,90	13,23	5,35	5,35	13,70	6772	5050			12,55	2,18	5,40	5,40	2,47	2,47	1,00
ASD Tug 2411	Damen	70	24,47	11,33	4,60	5,35	13,00	5632	4200			12,43	2,16	5,32	4,57	2,46	2,12	0,86
ASD Tug 2810	Damen	60,2	28,67	10,43	4,60	4,71	13,40	4935	3680			12,20	2,75	6,23	6,09	2,27	2,21	0,98
ASD Tug 2310	Damen	50	22,73	10,43	4,50	4,35	12,50	4023	3000			12,43	2,18	5,05	5,23	2,32	2,40	1,03
ASD Tug 2009	Damen	30	21,19	9,43	4,00	3,66	11,50	2602	1940			11,53	2,25	5,30	5,79	2,36	2,58	1,09

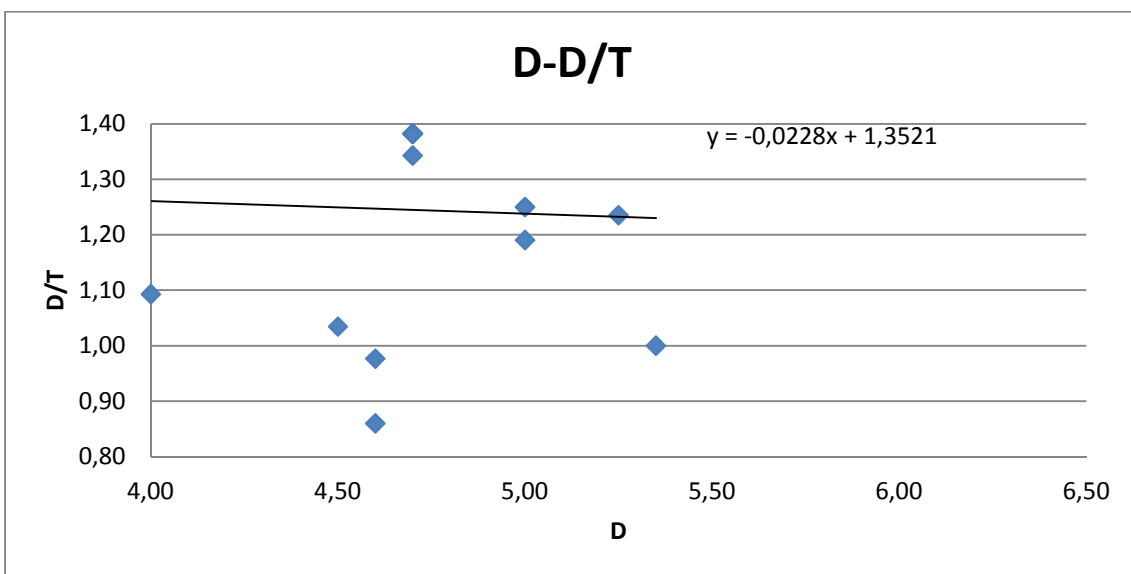
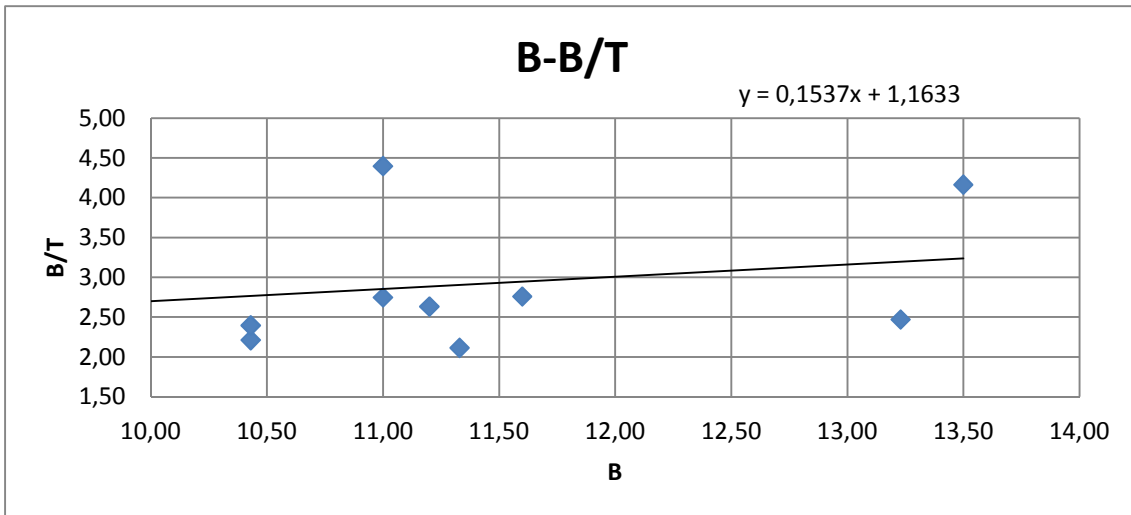


## **ANEXO II**











Pablo Rodríguez Díaz

Remolcador de Puerto de 55 TPF  
Dimensionamiento preliminar

# ANEXO III



Opcion	Eslora	Manga	Puntal	Calado	L/B	L/D	B/D	D-T	Cb Katsoulis	Cb Proyecto Básico	Fr	Cm	Cp	Cf	Xcc	PS	Per	CMg	CMo	Cequip	Cvarios	CM	Validacion
65	24	10,9	4,98	4,35	2,20	4,82	2,19	0,64	0,54	0,18	0,45	0,92	0,59	0,88	0,53	112,8	1,42	70632,26	169199,32	1133653,21	152609,4	1526094,2	OK
66	24	11,15	4,87	4,25	2,15	4,93	2,29	0,62	0,53	0,18	0,45	0,92	0,58	0,87	0,55	112,82	1,44	70645,42	169230,86	1133661,23	152615,3	1526152,8	OK
74	24,25	10,65	5,05	4,40	2,28	4,80	2,11	0,65	0,55	0,18	0,45	0,92	0,60	0,88	0,50	113,51	1,40	71078,81	170269,03	1133645,34	152777	1527770,2	OK
75	24,25	10,9	4,93	4,30	2,22	4,92	2,21	0,63	0,54	0,18	0,45	0,92	0,59	0,88	0,53	113,53	1,42	71092,55	170301,95	1133653,45	152783,1	1527831,1	OK
76	24,25	11,15	4,82	4,20	2,17	5,03	2,31	0,62	0,54	0,18	0,45	0,92	0,58	0,87	0,56	113,56	1,44	71105,84	170333,78	1133661,47	152789	1527890,1	OK
83	24,5	10,4	5,12	4,46	2,36	4,79	2,03	0,65	0,56	0,19	0,45	0,92	0,60	0,88	0,48	114,22	1,39	71522,84	171332,71	1133637,36	152943,7	1529436,6	OK
84	24,5	10,65	5,00	4,36	2,30	4,90	2,13	0,64	0,55	0,19	0,45	0,92	0,60	0,88	0,51	114,24	1,41	71537,20	171367,11	1133645,58	152950	1529499,9	OK
85	24,5	10,9	4,88	4,26	2,25	5,02	2,23	0,62	0,54	0,19	0,45	0,92	0,59	0,88	0,54	114,27	1,42	71551,07	171400,33	1133653,69	152956,1	1529561,2	OK
86	24,5	11,15	4,77	4,16	2,20	5,13	2,34	0,61	0,54	0,19	0,45	0,92	0,58	0,87	0,56	114,29	1,44	71564,47	171432,44	1133661,72	152962,1	1529620,7	OK
87	24,5	11,4	4,67	4,07	2,15	5,25	2,44	0,60	0,53	0,19	0,45	0,92	0,58	0,87	0,59	114,31	1,45	71577,44	171463,51	1133669,65	152967,8	1529678,4	OK
92	24,75	10,15	5,19	4,53	2,44	4,77	1,96	0,66	0,56	0,19	0,44	0,92	0,61	0,88	0,45	114,93	1,37	71964,34	172390,33	1133629,28	153109,3	1531093,3	OK
93	24,75	10,4	5,06	4,42	2,38	4,89	2,05	0,65	0,56	0,19	0,44	0,92	0,60	0,88	0,48	114,95	1,39	71979,35	172426,29	1133637,60	153115,9	1531159,2	OK
94	24,75	10,65	4,95	4,31	2,32	5,00	2,15	0,63	0,55	0,19	0,44	0,92	0,60	0,88	0,51	114,97	1,41	71993,84	172460,99	1133645,81	153122,3	1531222,9	OK
95	24,75	10,9	4,83	4,21	2,27	5,12	2,26	0,62	0,54	0,19	0,44	0,92	0,59	0,88	0,54	115,00	1,42	72007,83	172494,51	1133653,93	153128,5	1531284,7	OK
96	24,75	11,15	4,72	4,12	2,22	5,24	2,36	0,60	0,54	0,19	0,44	0,92	0,58	0,88	0,57	115,02	1,44	72021,36	172526,91	1133661,96	153134,5	1531344,7	OK
97	24,75	11,4	4,62	4,03	2,17	5,36	2,47	0,59	0,53	0,19	0,44	0,92	0,58	0,87	0,59	115,04	1,45	72034,44	172558,25	1133669,90	153140,3	1531402,9	OK
102	25	10,15	5,14	4,48	2,46	4,87	1,98	0,66	0,56	0,20	0,44	0,92	0,61	0,88	0,45	115,65	1,37	72418,99	173479,45	1133629,51	153280,9	1532808,8	OK
103	25	10,4	5,01	4,37	2,40	4,99	2,07	0,64	0,56	0,20	0,44	0,92	0,60	0,88	0,48	115,68	1,39	72434,14	173515,73	1133637,83	153287,5	1532875,2	OK
104	25	10,65	4,90	4,27	2,35	5,11	2,18	0,63	0,55	0,20	0,44	0,92	0,60	0,88	0,51	115,70	1,41	72448,76	173550,74	1133646,05	153293,9	1532939,5	OK
105	25	10,9	4,78	4,17	2,29	5,23	2,28	0,61	0,55	0,20	0,44	0,92	0,59	0,88	0,54	115,72	1,42	72462,87	173584,55	1133654,17	153300,2	1533001,8	OK
106	25	11	5,00	4,00	2,27	5,00	2,20	1,00	0,54	0,20	0,44	0,92	0,58	0,88	0,57	120,43	1,45	75410,50	180645,58	1133668,79	154413,9	1544138,7	OK
107	25	11,15	4,68	4,08	2,24	5,35	2,38	0,60	0,54	0,20	0,44	0,92	0,58	0,88	0,57	115,74	1,44	72476,52	173617,24	1133662,20	153306,2	1533062,2	OK
108	25	11,4	4,57	3,99	2,19	5,47	2,49	0,59	0,53	0,20	0,44	0,92	0,58	0,87	0,60	115,77	1,45	72489,72	173648,86	1133670,14	153312,1	1533120,8	OK
109	25	11,65	4,48	3,90	2,15	5,59	2,60	0,57	0,53	0,20	0,44	0,92	0,57	0,87	-	115,79	1,47	72502,50	173679,48	1133677,99	153317,8	1533177,7	OK





Pablo Rodríguez Díaz

### Remolcador de Puerto de 55 TPF

#### Dimensionamiento preliminar

																0,62							
112	25,25	9,9	5,22	4,55	2,55	4,84	1,90	0,67	0,57	0,20	0,44	0,93	0,62	0,89	-	116,35	1,36	72856,10	174526,53	1133621,31	153444,9	1534448,8	OK
113	25,25	10,15	5,09	4,44	2,49	4,96	2,00	0,65	0,57	0,20	0,44	0,93	0,61	0,88	-	116,38	1,37	72871,95	174564,49	1133629,74	153451,8	1534518	OK
114	25,25	10,4	4,96	4,33	2,43	5,09	2,09	0,64	0,56	0,20	0,44	0,93	0,60	0,88	-	116,40	1,39	72887,22	174601,09	1133638,06	153458,5	1534584,9	OK
115	25,25	10,65	4,85	4,23	2,37	5,21	2,20	0,62	0,55	0,20	0,44	0,93	0,60	0,88	-	116,42	1,41	72901,97	174636,41	1133646,28	153465	1534649,6	OK
116	25,25	10,9	4,74	4,13	2,32	5,33	2,30	0,61	0,55	0,20	0,44	0,93	0,59	0,88	-	116,45	1,42	72916,21	174670,52	1133654,40	153471,2	1534712,4	OK
117	25,25	11,15	4,63	4,04	2,26	5,45	2,41	0,59	0,54	0,20	0,44	0,93	0,58	0,88	-	116,47	1,44	72929,97	174703,49	1133662,43	153477,3	1534773,2	OK
118	25,25	11,4	4,53	3,95	2,21	5,58	2,52	0,58	0,54	0,20	0,44	0,93	0,58	0,87	-	116,49	1,46	72943,29	174735,39	1133670,38	153483,2	1534832,3	OK
119	25,25	11,65	4,43	3,86	2,17	5,70	2,63	0,57	0,53	0,20	0,44	0,93	0,57	0,87	-	116,51	1,47	72956,18	174766,28	1133678,23	153489	1534889,7	OK
122	25,5	9,9	5,16	4,50	2,58	4,94	1,92	0,66	0,57	0,21	0,44	0,93	0,62	0,89	-	117,07	1,36	73307,23	175607,22	1133621,53	153615,1	1536151,1	OK
123	25,5	10,15	5,04	4,39	2,51	5,06	2,02	0,64	0,57	0,21	0,44	0,93	0,61	0,88	-	117,1	1,37	73323,22	175645,51	1133629,96	153622,1	1536220,8	OK
124	25,5	10,4	4,92	4,29	2,45	5,19	2,12	0,63	0,56	0,21	0,44	0,93	0,60	0,88	-	117,12	1,39	73338,63	175682,42	1133638,28	153628,8	1536288,1	OK
125	25,5	10,65	4,80	4,19	2,39	5,31	2,22	0,61	0,55	0,21	0,44	0,93	0,60	0,88	-	117,15	1,41	73353,50	175718,05	1133646,51	153635,3	1536353,4	OK
126	25,5	10,9	4,69	4,09	2,34	5,44	2,32	0,60	0,55	0,21	0,44	0,93	0,59	0,88	-	117,17	1,42	73367,86	175752,46	1133654,63	153641,7	1536416,6	OK
127	25,5	11,15	4,59	4,00	2,29	5,56	2,43	0,59	0,54	0,21	0,44	0,93	0,59	0,88	-	117,19	1,44	73381,75	175785,72	1133662,67	153647,8	1536477,9	OK
128	25,5	11,4	4,48	3,91	2,24	5,69	2,54	0,57	0,54	0,21	0,44	0,93	0,58	0,87	-	117,21	1,46	73395,18	175817,9	1133670,61	153653,7	1536537,4	OK
129	25,5	11,65	4,39	3,83	2,19	5,81	2,65	0,56	0,53	0,21	0,44	0,93	0,57	0,87	-	117,23	1,47	73408,19	175849,05	1133678,47	153659,5	1536595,2	OK
130	25,5	11,9	4,30	3,75	2,14	5,94	2,77	0,55	0,53	0,21	0,44	0,93	0,57	0,87	-	117,25	1,49	73420,78	175879,23	1133686,25	153665,1	1536651,4	OK
132	25,75	9,9	5,11	4,46	2,60	5,04	1,94	0,65	0,58	0,21	0,43	0,93	0,62	0,89	-	117,79	1,36	73756,71	176683,94	1133621,75	153784,7	1537847,1	OK
133	25,75	10,15	4,99	4,35	2,54	5,16	2,03	0,64	0,57	0,21	0,43	0,93	0,61	0,88	-	117,82	1,37	73772,83	176722,56	1133630,18	153791,7	1537917,3	OK
134	25,75	10,4	4,87	4,24	2,48	5,29	2,14	0,62	0,56	0,21	0,43	0,93	0,61	0,88	-	117,84	1,39	73788,37	176759,79	1133638,51	153798,5	1537985,2	OK
135	25,75	10,65	4,75	4,15	2,42	5,42	2,24	0,61	0,56	0,21	0,43	0,93	0,60	0,88	-	117,86	1,41	73803,38	176795,72	1133646,73	153805,1	1538050,9	OK
136	25,75	10,9	4,64	4,05	2,36	5,54	2,35	0,59	0,55	0,21	0,43	0,93	0,59	0,88	-	117,89	1,42	73817,86	176830,43	1133654,86	153811,5	1538114,6	OK
137	25,75	11,15	4,54	3,96	2,31	5,67	2,46	0,58	0,54	0,21	0,43	0,93	0,59	0,88	-	117,91	1,44	73831,87	176863,98	1133662,90	153817,6	1538176,4	OK
138	25,75	11,4	4,44	3,87	2,26	5,80	2,57	0,57	0,54	0,21	0,43	0,93	0,58	0,87	-	117,93	1,46	73845,42	176896,43	1133670,85	153823,6	1538236,3	OK



Pablo Rodríguez Díaz

### Remolcador de Puerto de 55 TPF

#### Dimensionamiento preliminar

139	25,75	11,65	4,35	3,79	2,21	5,93	2,68	0,56	0,53	0,21	0,43	0,93	0,57	0,87	-	0,63	117,95	1,47	73858,53	176927,85	1133678,71	153829,5	1538294,5	OK
140	25,75	11,9	4,25	3,71	2,16	6,05	2,80	0,54	0,53	0,21	0,43	0,93	0,57	0,87	-	0,66	117,97	1,49	73871,24	176958,29	1133686,49	153835,1	1538351,1	OK
142	26	9,9	5,06	4,42	2,63	5,13	1,95	0,65	0,58	0,22	0,43	0,93	0,62	0,89	-	0,43	118,5	1,36	74204,55	177756,74	1133621,97	153953,7	1539537	OK
143	26	10,15	4,94	4,31	2,56	5,26	2,05	0,63	0,57	0,22	0,43	0,93	0,61	0,88	-	0,46	118,53	1,37	74220,81	177795,69	1133630,40	153960,8	1539607,7	OK
144	26	10,4	4,82	4,20	2,50	5,39	2,16	0,62	0,56	0,22	0,43	0,93	0,61	0,88	-	0,49	118,56	1,39	74236,49	177833,24	1133638,73	153967,6	1539676,1	OK
145	26	10,65	4,71	4,11	2,44	5,52	2,26	0,60	0,56	0,22	0,43	0,93	0,60	0,88	-	0,52	118,58	1,41	74251,62	177869,48	1133646,96	153974,2	1539742,3	OK
146	26	10,9	4,60	4,01	2,39	5,65	2,37	0,59	0,55	0,22	0,43	0,93	0,59	0,88	-	0,55	118,60	1,42	74266,23	177904,48	1133655,09	153980,6	1539806,4	OK
147	26	11,15	4,50	3,92	2,33	5,78	2,48	0,58	0,55	0,22	0,43	0,93	0,59	0,88	-	0,58	118,63	1,44	74280,35	177938,32	1133663,13	153986,9	1539868,7	OK
148	26	11,4	4,40	3,84	2,28	5,91	2,59	0,56	0,54	0,22	0,43	0,93	0,58	0,87	-	0,61	118,65	1,46	74294,01	177971,05	1133671,08	153992,9	1539929	OK
149	26	11,65	4,30	3,75	2,23	6,04	2,71	0,55	0,53	0,22	0,43	0,93	0,57	0,87	-	0,64	118,67	1,47	74307,24	178002,74	1133678,94	153998,8	1539987,7	OK
152	26,25	9,9	5,02	4,37	2,65	5,23	1,97	0,64	0,58	0,22	0,43	0,93	0,62	0,89	-	0,43	119,22	1,36	74650,78	178825,68	1133622,18	154122,1	1541220,7	OK
153	26,25	10,15	4,89	4,27	2,59	5,36	2,07	0,63	0,57	0,22	0,43	0,93	0,61	0,88	-	0,46	119,24	1,37	74667,18	178864,96	1133630,62	154129,2	1541291,9	OK
154	26,25	10,4	4,78	4,16	2,52	5,50	2,18	0,61	0,57	0,22	0,43	0,93	0,61	0,88	-	0,49	119,27	1,39	74682,99	178902,83	1133638,95	154136,1	1541360,8	OK
155	26,25	10,65	4,66	4,07	2,46	5,63	2,28	0,60	0,56	0,22	0,43	0,93	0,60	0,88	-	0,53	119,29	1,41	74698,24	178939,37	1133647,18	154142,8	1541427,5	OK
156	26,25	10,9	4,56	3,97	2,41	5,76	2,39	0,58	0,55	0,22	0,43	0,93	0,59	0,88	-	0,56	119,32	1,42	74712,98	178974,67	1133655,31	154149,2	1541492,2	OK
157	26,25	11,15	4,45	3,88	2,35	5,89	2,50	0,57	0,55	0,22	0,43	0,93	0,59	0,88	-	0,59	119,34	1,44	74727,22	179008,79	1133663,36	154155,5	1541554,9	OK
158	26,25	11,4	4,36	3,80	2,30	6,03	2,62	0,56	0,54	0,22	0,43	0,93	0,58	0,87	-	0,61	119,36	1,46	74741,00	179041,8	1133671,31	154161,6	1541615,7	OK
159	26,25	11,65	4,26	3,72	2,25	6,16	2,73	0,55	0,54	0,22	0,43	0,93	0,57	0,87	-	0,64	119,38	1,47	74754,34	179073,75	1133679,18	154167,5	1541674,7	OK
162	26,5	9,9	4,97	4,33	2,68	5,33	1,99	0,64	0,58	0,23	0,43	0,93	0,62	0,89	-	0,43	119,93	1,36	75095,42	179890,81	1133622,39	154289,8	1542898,5	OK
163	26,5	10,15	4,85	4,23	2,61	5,47	2,09	0,62	0,57	0,23	0,43	0,93	0,61	0,88	-	0,46	119,95	1,38	75111,95	179930,41	1133630,83	154297	1542970,2	OK
164	26,5	10,4	4,73	4,12	2,55	5,60	2,20	0,61	0,57	0,23	0,43	0,93	0,61	0,88	-	0,50	119,98	1,39	75127,89	179968,6	1133639,17	154304	1543039,6	OK
165	26,5	10,65	4,62	4,03	2,49	5,74	2,31	0,59	0,56	0,23	0,43	0,93	0,60	0,88	-	0,53	120,00	1,41	75143,27	180005,45	1133647,40	154310,7	1543106,8	OK
166	26,5	10,9	4,51	3,94	2,43	5,87	2,42	0,58	0,55	0,23	0,43	0,93	0,59	0,88	-	0,56	120,03	1,43	75158,13	180041,04	1133655,54	154317,2	1543171,9	OK
167	26,5	11,15	4,41	3,85	2,38	6,01	2,53	0,56	0,55	0,23	0,43	0,93	0,59	0,88	-	0,59	120,05	1,44	75172,50	180075,45	1133663,58	154323,5	1543235	OK
168	26,5	11,4	4,32	3,76	2,32	6,14	2,64	0,55	0,54	0,23	0,43	0,93	0,58	0,87	-	-	120,07	1,46	75186,39	180108,73	1133671,54	154329,6	1543296,3	OK



Pablo Rodríguez Díaz

Remolcador de Puerto de 55 TPF

Dimensionamiento preliminar

																0,62											
172	26,75	9,9	4,92	4,29	2,70	5,43	2,01	0,63	0,58	0,23	0,43	0,93	0,62	0,89	-	0,43	120,63	1,36	75538,48	180952,17	1133622,60	154457	1544570,3	OK			
173	26,75	10,15	4,80	4,19	2,64	5,57	2,11	0,61	0,57	0,23	0,43	0,93	0,61	0,88	-	0,47	120,66	1,38	75555,15	180992,1	1133631,04	154464,3	1544642,6	OK			
174	26,75	10,4	4,69	4,09	2,57	5,71	2,22	0,60	0,57	0,23	0,43	0,93	0,61	0,88	-	0,50	120,69	1,39	75571,22	181030,6	1133639,38	154471,2	1544712,5	OK			
175	26,75	10,65	4,58	3,99	2,51	5,85	2,33	0,59	0,56	0,23	0,43	0,93	0,60	0,88	-	0,53	120,71	1,41	75586,74	181067,76	1133647,62	154478	1544780,1	OK			
176	26,75	10,9	4,47	3,90	2,45	5,98	2,44	0,57	0,56	0,23	0,43	0,93	0,59	0,88	-	0,56	120,74	1,43	75601,72	181103,65	1133655,76	154484,6	1544845,7	OK			
177	26,75	11,15	4,37	3,81	2,40	6,12	2,55	0,56	0,55	0,23	0,43	0,93	0,59	0,88	-	0,59	120,76	1,44	75616,20	181138,34	1133663,81	154490,9	1544909,3	OK			
182	27	9,9	4,88	4,25	2,73	5,54	2,03	0,62	0,58	0,24	0,42	0,94	0,62	0,89	-	0,43	121,34	1,36	75980,00	182009,81	1133622,81	154623,6	1546236,2	OK			
183	27	10,15	4,76	4,15	2,66	5,68	2,13	0,61	0,58	0,24	0,42	0,94	0,62	0,88	-	0,47	121,37	1,38	75996,80	182050,07	1133631,26	154630,9	1546309	OK			
184	27	10,4	4,64	4,05	2,60	5,82	2,24	0,59	0,57	0,24	0,42	0,94	0,61	0,88	-	0,50	121,39	1,39	76013,01	182088,89	1133639,59	154637,9	1546379,4	OK			
185	27	10,65	4,53	3,95	2,54	5,96	2,35	0,58	0,56	0,24	0,42	0,94	0,60	0,88	-	0,53	121,42	1,41	76028,65	182126,35	1133647,83	154644,8	1546447,6	OK			
186	27	10,9	4,43	3,86	2,48	6,10	2,46	0,57	0,56	0,24	0,42	0,94	0,59	0,88	-	0,56	121,44	1,43	76043,75	182162,53	1133655,98	154651,4	1546513,6	OK			
192	27,25	9,9	4,83	4,21	2,75	5,64	2,05	0,62	0,58	0,24	0,42	0,94	0,62	0,89	-	0,43	122,04	1,36	76419,98	183063,78	1133623,02	154789,6	1547896,4	OK			
193	27,25	10,15	4,71	4,11	2,68	5,78	2,15	0,60	0,58	0,24	0,42	0,94	0,62	0,88	-	0,47	122,07	1,38	76436,92	183104,37	1133631,47	154797	1547969,7	OK			
194	27,25	10,4	4,60	4,01	2,62	5,92	2,26	0,59	0,57	0,24	0,42	0,94	0,61	0,88	-	0,50	122,10	1,39	76453,26	183143,51	1133639,81	154804,1	1548040,6	OK			
195	27,25	10,65	4,49	3,92	2,56	6,07	2,37	0,57	0,56	0,24	0,42	0,94	0,60	0,88	-	0,53	122,12	1,41	76469,02	183181,27	1133648,05	154810,9	1548109,3	OK			
196	27,25	10,9	4,39	3,83	2,50	6,21	2,48	0,56	0,56	0,24	0,42	0,94	0,60	0,88	-	0,57	122,15	1,43	76484,25	183217,75	1133656,19	154817,6	1548175,8	OK			
202	27,5	9,9	4,79	4,18	2,78	5,74	2,07	0,61	0,59	0,25	0,42	0,94	0,62	0,89	-	0,43	122,74	1,36	76858,45	184114,13	1133623,23	154955,1	1549550,9	OK			
203	27,5	10,15	4,67	4,07	2,71	5,89	2,17	0,60	0,58	0,25	0,42	0,94	0,62	0,89	-	0,47	122,77	1,38	76875,52	184155,05	1133631,67	154962,5	1549624,7	OK			
204	27,5	10,4	4,56	3,97	2,64	6,03	2,28	0,58	0,57	0,25	0,42	0,94	0,61	0,88	-	0,50	122,80	1,39	76891,99	184194,5	1133640,02	154969,6	1549696,1	OK			
205	27,5	10,65	4,45	3,88	2,58	6,18	2,39	0,57	0,57	0,25	0,42	0,94	0,60	0,88	-	0,54	122,82	1,41	76907,89	184232,57	1133648,26	154976,5	1549765,2	OK			
212	27,75	9,9	4,75	4,14	2,80	5,85	2,09	0,61	0,59	0,25	0,42	0,94	0,62	0,89	-	0,43	123,44	1,36	77295,42	185160,9	1133623,43	155120	1551199,7	OK			
213	27,75	10,15	4,63	4,04	2,73	6,00	2,19	0,59	0,58	0,25	0,42	0,94	0,62	0,89	-	0,47	123,47	1,38	77312,64	185202,15	1133631,88	155127,4	1551274,1	OK			
214	27,75	10,4	4,52	3,94	2,67	6,14	2,30	0,58	0,57	0,25	0,42	0,94	0,61	0,88	-	0,51	123,49	1,39	77329,24	185241,91	1133640,22	155134,6	1551346	OK			



# ANEXO IV

