

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**



**“DISEÑO DE UNA BARCAZA CON ARREGLO  
DE ARBOLADURA PARA EL RESCATE DE  
EMBARCACIONES PESQUERAS  
NAUFRAGADAS”**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO NAVAL**

**YASSER HIPOLITO YARIN ACHACHAGUA**

**PROMOCION 2005-II**

**LIMA-PERU**

**2009**

Dedico esta tesis a mis padres, el Sr. Julio Yarín Terán y la Sra. Noemí Achachagua Terrazas, como reconocimiento al amor, cuidado y dedicación que siempre me brindaron.

## PRÓLOGO

En esta tesis se ha diseñado una barcaza con arreglo de arboladura para el rescate de embarcaciones pesqueras naufragadas tomando en consideración las necesidades actuales de la flota pesquera nacional, una barcaza cuyas características principales difieren al de otras embarcaciones dedicadas a tareas similares, siendo sus condiciones de trabajo adecuadas a las necesidades de nuestro medio.

Los casos de pesqueros artesanales naufragados en las costas del Perú constituyen el 20% del total de siniestros registrados por la Dirección General de Capitanía y Guardacostas, las cuales se deben mayormente a una maniobra mal ejecutada o a una mala distribución de la carga.

Así, aunque originalmente el pesquero cuente con la estabilidad adecuada, las cuales están bajo las regulaciones sobre el diseño y construcción de embarcaciones pesqueras artesanales designados por la Dirección General de Capitanías y Guardacostas, por algún error humano puede correr el riesgo de naufragar.

Recuperar las embarcaciones artesanales perdidas en naufragios de forma tal que puedan ser reutilizados en las labores para las que fueron destinados originalmente tiene una importancia económica trascendental, debido a que la pesca artesanal satisface el 50% del consumo humano directo en nuestro país.

## Índice

	Pág.
PRÓLOGO _____	II
CAPÍTULO I _____	0
INTRODUCCIÓN _____	0
2.1 FACTORES FÍSICOS QUE AFECTAN EL DESEMPEÑO DE LA BARCAZA_	11
2.2 DIMENSIONAMIENTO DE LA BARCAZA _____	17
2.3 DIMENSIONAMIENTO DEL ARBOLADURA DE LA BARCAZA _____	18
CAPITULO III _____	23
CARACTERISTICAS TECNICAS DE LA EMBARCACION _____	23
3.1 MATRIZ DE DISEÑO _____	23
3.2 LINEAS DE FORMA _____	29
3.3 CURVAS HIDROSTATICAS _____	30
3.4 CURVAS CRUZADAS _____	33
3.5 DISPOSICION GENERAL _____	35
3.6 ANALISIS DE ESTABILIDAD _____	36
3.6.1 ESTABILIDAD ADECUADA DE LA BARCAZA _____	36
3.6.2 CALCULO DE ESTABILIDAD _____	39
3.6.3 CALCULO DE LA ESTABILIDAD DINAMICA RESIDUAL _____	42
CAPITULO IV _____	45
DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE LA BARCAZA _____	45
4.1 DISEÑO ESTRUCTURAL _____	46
4.2 COMPONENTES ACTUANTES SOBRE EL ARREGLO MASTIL PLUMA _____	46
4.3 FUERZAS DINAMICAS DEBIDAS AL MOVIMIENTO DE LA BARCAZA _____	50
4.4 EL SOFTWARE ALGOR FEA _____	53

4.5	TEORIA DE FALLA POR ENERGIA DE DISTORSION MAXIMA _____	55
4.6	ANALISIS POR EL METODO DE ELEMENTOS FINITOS _____	59
4.7	ANALISIS ESTRUCTURAL DE LA PLUMA _____	64
4.8	ANALISIS ESTRUCTURAL DEL MASTIL _____	68
4.9	ANALISIS ESTRUCTURAL DEL ARREGLO MASTIL-PLUMA _____	73
4.10	ANALISIS ESTRUCTURAL DE LA UNION BARCAZA-MASTIL _____	76
4.11	CALCULO ESTRUCTURAL DE LA BARCAZA _____	79
CAPÍTULO V _____		91
EVALUACION DE COSTOS Y PLANIFICACION _____		91
5.1	ESTIMACION DEL COSTO DE CONSTRUCCION DE LA EMBARCACION __	91
5.1.1	COSTO DEL CASCO _____	92
4.1.2	COSTO DEL ARREGLO MASTIL-PLUMA _____	93
4.1.3	COSTO DEL WINCHE _____	97
4.1.4	PRECIO DE LA BOMBA DE LASTRE-DESLASTRE _____	97
4.1.5	COSTO TOTAL PRESUPUESTADO DE LA EMBARCACION _____	98
4.2	FINANCIAMIENTO _____	100
4.3	PLANIFICACIÓN _____	102
CONCLUSIONES _____		105
RECOMENDACIONES _____		107
BIBLIOGRAFIA _____		109
ANEXO _____		112

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

Rescatar un pesquero naufragado es una tarea muy delicada, que atañe muchos riesgos, los que pueden involucrar peligrosamente a las embarcaciones que participan en la tarea de recuperarlo.

Es posible que a causa de una maniobra mal realizada, sin el equipo adecuado, con embarcaciones no idóneas, éstas corran el riesgo de hundirse, junto con la nave que se desea recuperar, siendo por consiguiente necesario proveerse de embarcaciones diseñadas específicamente para la labor de recobrar los pesqueros zozobrados, de manera que puedan realizar su trabajo con la seguridad que es de desear.

### 1.1 Naturaleza del Estudio

La naturaleza del presente trabajo es encontrar mediante uso de las reglas de clasificación y el análisis estructural computacional, la mejor alternativa

para diseñar una barcaza con arreglo de arboladura para el rescate de embarcaciones pesqueras naufragadas.

## **1.2 Alcance del Estudio**

El alcance del presente trabajo es alcanzar un instrumento técnico-científico, como una barcaza con arreglo de mástil-pluma, que permitirá a la industria pesquera nacional, mejorar sus condiciones tecnológicas en esta área del saber y su aporte será de alta importancia para toda la juventud estudiosa, trabajadores y la comunidad en general.

## **1.3 Objetivos**

### **- Generales**

El presente trabajo tiene como objetivo diseñar una barcaza con arreglo de arboladura que pueda realizar las operaciones de rescate de embarcaciones pesqueras naufragadas, con la suficiente capacidad para satisfacer las necesidades de nuestro medio y contribuir con la ingeniería naval peruana.

## - Específicos

Otros objetivos del presente trabajo son:

- Realizar una descripción de los recursos con los que cuenta flota pesquera nacional que nos permita obtener un prototipo.
- Realizar un estudio técnico-científico para el diseño de una barcaza según las normas de clasificación de la Germanischer Lloyd.
- Realizar un Diseño estructural optimizando los resultados mediante análisis computacionales.
- Realizar una estimación de los costos de construcción y planificar el proceso de construcción.

## 1.4 Contenido Temático

Habiendo desarrollado el contenido temático se ha podido definir el presente trabajo en 5 capítulos:

Capítulo I: Se desarrolla la introducción y objetivos del presente trabajo.

Capítulo II: Se hace un reconocimiento del problema existente para el rescate de embarcaciones naufragadas y se plantea una solución, la cual es



el objetivo principal de la tesis. También se hace una mención de los diferentes tipos de barcazas del medio y se definen las características principales de nuestra barcaza con arreglo de mástil-pluma.

Capítulo III: Se detallan las características técnicas de la barcaza a través del desarrollo de sus líneas de formas, curvas hidrostáticas, disposición general y los análisis de estabilidad estática y dinámica.

Capítulo IV: Se realiza el análisis estructural de la barcaza y del arreglo mástil-pluma, haciendo uso de las normas de clasificación y del software de análisis estructural Algor.

Capítulo V: Se analizan los aspectos económicos involucrados en el proyecto y se planifica el proceso de construcción.

Agradecimiento a las empresas Maggiolo S.A. y Andesa que coadyuvaron a la realización de la presente trabajo.

## **CAPITULO II**

# **DESCRIPCION Y CARACTERIZACION DEL PROBLEMA**

En la actualidad en el medio naval no existe un artefacto naval que tenga como misión principal rescatar embarcaciones pesqueras naufragadas. A pesar de ello en determinadas situaciones se ha podido realizar el rescate de embarcación naufragadas de dimensiones muy pequeñas con la ayuda de la embarcación mostrada en las imágenes.

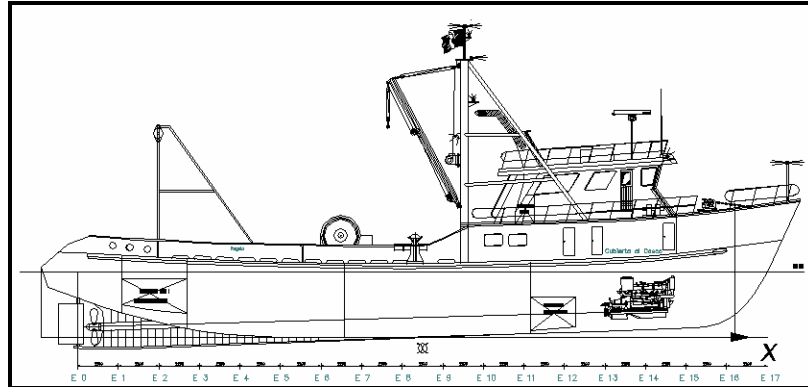
**IMAGEN Nº1**

**EMBARCACION USADA EN OPERACIONES DE RESCATE**



IMAGEN N°2

DISPOSICION GENERAL DE LA EMBARCACION



Esta embarcación presenta limitaciones de estabilidad y estructurales para realizar el rescate de una embarcación pesquera naufragada dentro de los límites del zócalo continental peruano, como podemos apreciar en las siguientes imágenes esta embarcación no cuenta con las dimensiones estructurales para realizar las labores de rescate.

IMAGEN N°3

ESTRUCTURAS DEL SECTOR DE POPA



**IMAGEN N°4**

**ESTRUCTURAS DEL SECTOR DE PROA**

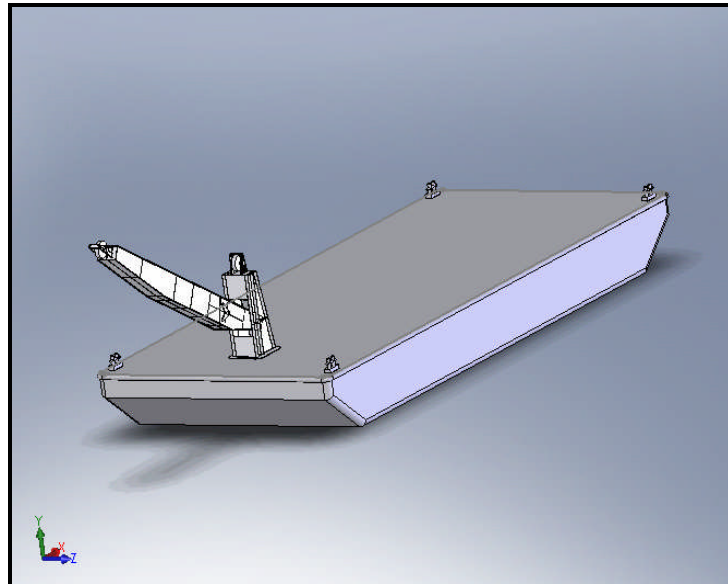


Aparece entonces la necesidad por desarrollar un artefacto naval con la estabilidad suficiente para llevar a cabo las operaciones de rescate y que posea un sistema de elevación efectivo, con una capacidad que le permita socorrer a la mayoría de embarcaciones pesqueras menores registradas en el medio.

Es así como aparece la barcaza como una solución a nuestro problema, debido a su gran estabilidad es sumamente versátil en operaciones de riesgo, aun en condiciones climáticas adversas, la cual por sus formas rectas resulta económica y sencilla de construir.

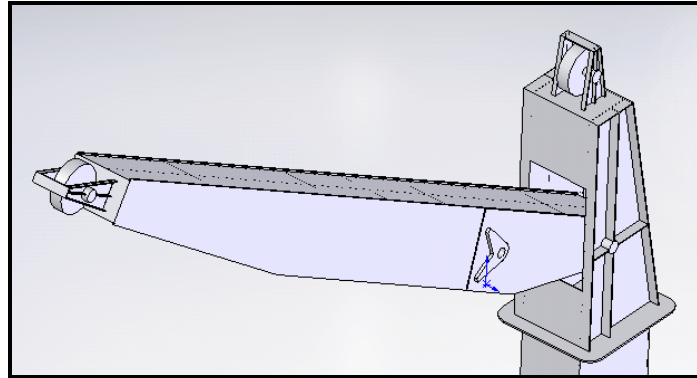
**IMAGEN N°5**

**BARCAZA CON ARREGLO MASTIL-PLUMA**



Si le añadimos un dispositivo económico y fácil de implantar, como lo es el arreglo mástil-pluma, le permitirá cubrir nuestras necesidades y estaremos de acorde a los nuevos adelantos del mundo industrializado, satisfaciendo nuestros propósitos.

IMAGEN N°6  
ARREGLO MASTIL-PLUMA



Las barcazas son artefactos navales usados para el remolque de artículos a granel de poco valor, pues el coste de acarrear mercancías en lancha a remolque es muy bajo.

Existe una amplia variedad de tipos de barcazas que han sido diseñadas para cumplir funciones específicas, y de las cuales podemos mencionar las siguientes:

**Barcaza de carga seca:** es una embarcación a remolque que transporta carga seca, como carbón, acero acabado o sus ingredientes, grano, arena o grava, y materiales similares. Tienen un casco externo, un vacío interno que constituye su reserva de flotabilidad y una caja interna de carga. El casco externo puede venir en una de dos configuraciones, con un arco curvado para proporcionar menos resistencia al avance.

**Barcaza de carga líquida:** son embarcaciones a remolque que posee un doble casco que tiene un compartimiento de carga líquido que esta apoyado a los lados del compartimiento que lleva la carga, transportan los productos petroquímicos, tales como estireno, benceno y metanol; fertilizante líquido, incluyendo el amoníaco anhidro; productos refinados, incluyendo la gasolina, el diesel y el combustible de avión; productos derivados del petróleo negros, tales como asfalto, gasolina y aceite, también productos a presión, tales como butano, propano y butadieno, que se transportan en los canales de productores a los usuarios finales.

**Barcazas de perforación:** este tipo de embarcaciones son plataformas grandes, flotantes usadas sobre todo para la perforación en fondo marino. Esto ocurre típicamente en los lagos, los pantanos, los ríos, y los canales. Estas barcazas no son automotoras, y se deben remolcar hasta el lugar de trabajo. Conveniente para las aguas inmóviles, bajas, porque no pueda soportar el movimiento del agua experimentado en áreas grandes como en mar abierto.

**Barcaza grúa:** es una embarcación cuya forma se asemeja a un recipiente ancho, con una cubierta plana rectangular reforzada que contiene una grúa montada. Esta embarcación a sido diseñada para llevar cargas pesadas, o más específicamente para dragar, salvar, o algún otro uso comercial.

**Barcaza de Elevación:** este tipo de embarcaciones de elevación son recipientes grandes, plano-cubiertos diseñados para acarrear y transferir productos y equipos demasiado pesados o para el transporte estándar. Muchas de estas embarcaciones de elevación pueden también funcionar como muelles secos móviles; capaces de levantar y de asegurar cargas superiores a las 15.000 toneladas.

**Barcaza tanque:** Las barcazas tanque transportan la carga líquido en los tanques de sujeción situados dentro del casco de la lancha a remolque. Llevan materias tales como anticongelante, melaza, petróleo, fertilizantes líquidos y productos químicos a granel. También pueden llevar hasta 30.000 barriles de carga líquida.

**Barcaza oceánica:** Es una embarcación a remolque del océano se diseña para el transporte de grandes cantidades de productos o de equipo a través de grandes distancias. Su tamaño, velocidad y el ahorro en combustible representa a las compañías una opción más barata a comparación del transporte aéreo de los bienes y servicios, aunque muchos de los productos enviados son demasiado grandes para los aviones de carga. Estas barcazas oceánicas transportan comúnmente artículos tales como repuestos, automóviles y equipo pesado de la elevación.



## 2.1 FACTORES FÍSICOS QUE AFECTAN EL DESEMPEÑO DE LA BARCAZA

En el diseño de una embarcación cuya finalidad es rescatar pesqueros naufragados se debe contar con información adecuada para evitar errores, que pueden llegar a ocasionar ingentes pérdidas materiales e inclusive preciosas vidas humanas, Por esto, es importante saber reconocer todos los factores que afectan el rescate del pesquero naufragado y aún sus grados de influencia.

El diseño básico de una embarcación consta de dos etapas, el diseño conceptual y el diseño preliminar.

Si durante el concepto del diseño nuestra preocupación mayor fue traducir la necesidad de rescatar las embarcaciones pesqueras naufragadas, usando criterios ingenieriles y de Arquitectura Naval, utilizando una barcaza con un arreglo de mástil y pluma de carga, cuyas estimados preliminares han sido calculados en esta etapa, es durante el diseño preliminar que a través de chequeos y modificaciones, llegamos al refinamiento de las características que afectan el costo y la eficiencia de la embarcación.

Previo al dimensionado de la barcaza con su arreglo pluma-mástil, es preciso definir las características principales de la nave pesquera

naufragada, haciendo uso del estudio de prospectiva para la cadena productiva de industria pesquera en la región de la costa del pacífico en América del Sur, nos limitamos a querer recuperar un navío naufragado, cuyas características principales mostradas en el Cuadro N°1 corresponden al 28% de las embarcaciones registradas en el medio.

**CUADRO N°1**  
**CARACTERISTICAS DE UN PESQUERO TIPICO**

<b>Nº</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Valor</b>
1	Eslora (m)	13.8
2	Manga (m)	5.7
3	Puntal (m)	2.5
4	Costo (\$)	17500

Fuente: DICAPI 2005

Con las características geométricas de la nave zozobrada es posible, utilizando aproximaciones, obtener su peso de tal manera que sea la carga inicial de trabajo.

Sí el rescate se realiza luego de mucho tiempo de ocurrido el naufragio, es probable que exista una capa considerable de sedimento cubriendo el perímetro del buque en contacto con el fondo lo cual torna Sumamente difícil recuperar la embarcación. Por lo que esta alternativa no será considerada para nuestro análisis.

De acuerdo al Principio de Arquímedes, el peso del buque a flote no es el mismo peso del buque completamente hundido, el peso de la nave en el fondo es el peso del agua que ha conseguido desplazar.

Esto es el agua desalojada por el casco, el lastre, los accesorios, los aparejos, la maquinaria principal y auxiliar, los mecanismos de pesca, etc.

No incluimos en esta apreciación el agua que se queda encerrada en la nave a partir del naufragio por considerarla parte del medio en que se desarrolla la tarea de recuperación, siempre y cuando el buque naufragado no salga a la superficie y el rescate se lo haga con tal lentitud que permita que el agua del medio fluya libremente a través de la embarcación hundida, sin presentar mayor reacción al movimiento.

Obtenemos los pesos aproximados de: el casco de madera, los accesorios, la maquinaria auxiliar y principal, y a partir de ellos, el volumen de los mismos.

De tal forma que a partir del volumen de agua desplazada por el buque sumergido se obtiene la carga inicial de trabajo. El detalle de estos cálculos se presenta en la Cuadro N<sup>o</sup>2.

**CUADRO N°2**

**CALCULO DE LA CARGA INICIAL DE TRABAJO**

<b>Elemento</b>	<b>Densidad (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>
Madera	1067	11.8
Hierro	7720	0.415
Agua desplazada	1025	12.2
Peso del agua desplazada (Kg)		12520.375

**Fuente:** Elaborado por el autor

Esta carga inicial de trabajo es influenciada por las características oceanográficas del medio en el que se encuentra: altura de la ola, velocidad de las corrientes y el tipo de fondo más común, Dichas características, unidas a la profundidad de rescate máxima, la cual es determinada por la máxima profundidad a la que un buzo puede trabajar con la comodidad deseada, por el tiempo requerido para ejecutar las maniobras de apoyo previo al rescate, hacen que el fondo y el peso de la columna de agua reaccionen sobre la mencionada carga.

Es posible que el buque hundido se halle en dos situaciones diferentes en el fondo del océano; una de ellas es descansando sobre el lecho del océano, la otra es ligeramente incrustado en el interior del lecho oceánico.

La fuerza necesaria para ascender el buque a la superficies y la carga inicial de trabajo, es la misma fuerza, con signo contrario, necesaria para introducirlo en el fondo.

Carga Inicial de Trabajo: 12520kg.

Esta fuerza se ve modificada por la acción de la fuerza de arrastre que se opone al movimiento de objetos sumergidos en el agua, la que está constituida por la fuerza de fricción de arrastre, más la fuerza de presión de arrastre, además un cabezal de presión hacia arriba favorece el movimiento del buque hacia la superficie. Las Fuerza de arrastre actuante sobre el buque hundido se muestra en el Cuadro N°3.

### CUADRO N°3

#### FUERZA DE ARRASTRE ACTUANTE SOBRE EL BUQUE HUNDIDO

Nº	Detalle	Valor
1	Área normal al movimiento (m <sup>2</sup> )	65.3
2	Área paralela al movimiento (m <sup>2</sup> )	109.2
3	Coeficiente de fricción	0.4
4	Coeficiente de presión	1.2
5	Velocidad máxima de arrastre (m/s)	0.516
6	Fuerza de Fricción (Kg)	609.78
7	Fuerza de Arrastre (Kg)	1093.92
8	Fuerza de Arrastre Total (Kg)	1703.70

Fuente: Elaborado por el autor

Los movimientos del buque desde el que se opera la subida del pesquero desde el fondo, afectan también al buque hundido y le producen entre otras, una aceleración vertical, la cual se pretende que sea mínima.

Con el fin de lograr, el ascenso a la superficie se lo efectúa a una velocidad pequeña, sin embargo la importancia de la aceleración vertical, por pequeña que ella sea, no puede ser desestimada.

La máxima aceleración vertical debida al movimiento es de 2.56m/s<sup>2</sup> valor mostrado en el Cuadro N°9.

Habiendo tenido en cuenta todas estas características, se establece que la carga de trabajo es la siguiente:

$$CT = ( CI + FA ) * ( g + z )/g$$

Donde:

CT = Carga de Trabajo, kg.

CI = Carga inicial de Trabajo, kg.

FA = Fuerza de Arrastre, kg.

g = Gravedad, m/seg<sup>2</sup>.

Z = Máxima aceleración vertical, m/seg<sup>2</sup>.

Carga de Trabajo = 17935.97kg

## 2.2 DIMENSIONAMIENTO DE LA BARCAZA

En la selección de las dimensiones de la barcaza se sigue el criterio que el diseño más eficiente es aquel que incluye todas las características de operación requeridas, con el menor desplazamiento; esto es que el desplazamiento de la barcaza sea el mínimo posible para la carga máxima que ha de recuperarse.

Las dimensiones geométricas son influenciadas por la forma de realizar el rescate, el cual, para disminuir los efectos que la elevación de la carga tienen sobre la estabilidad transversal de la nave sin tornarla inestable y sobre la estabilidad longitudinal de la embarcación sin asentarla excesivamente, al ejecutarla por la popa de la barcaza.

Al izar la carga, ésta tiende a asentar la barcaza, provocando una situación no idónea para su estabilidad, poniendo en peligro su seguridad, tal acontecimiento ha de ser corregido, lastrando convenientemente la barcaza.

El embarcar pesos tales como la carga del buque hundido, así como el agua de lastre y los efectos que ellos producen, esto es, reducción de la altura metacéntrica por embarque, traslación y elevación de pesos y por efectos de superficies libres, tienen que ser contemplados en el dimensionado de la barcaza, pues ella debe ser capaz de

soportar el asentamiento debido al ascenso de la carga, y el embarque del volumen de agua necesario como lastre que corrija tal inclinación.

Las características principales de la barcaza se presentan en el Cuadro N°4 y con más detalles en el plano de líneas de forma del Anexo A.

**CUADRO N°4**  
**CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LA BARCAZA**

<b>Nº</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Valor</b>
1	Eslora (m)	20
2	Manga (m)	8
3	Puntal (m)	2

**Fuente:** Elaborado por el autor

### **2.3 DIMENSIONAMIENTO DEL ARBOLADURA DE LA BARCAZA**

Los requerimientos básicos para seleccionar un arreglo del tipo pluma-mástil para manejar la carga correspondiente al rescate de los pesqueros naufragados, están fundamentados en la determinación de las cargas más grandes y más pesadas, la máxima altura de levantamiento dispuesta por la máxima profundidad a la que un buzo profesional puede sumergirse con los equipos de buceo disponibles, el tipo de suelo del fondo desde el cual tenga que ser elevada, las



condiciones oceanográfica del rescate, la posibilidad de ser transportada sostenida sumergida en el agua por largos, períodos de tiempo, con el suficiente claro respecto de la barcaza para su más fácil manejo. Un resumen de las condiciones en las que debe realizarse el rescate son mostradas en el Cuadro N°5.

**CUADRO N° 5**  
**CONDICIONES DEL RESCATE**

<b>N°</b>	<b>Detalle</b>	<b>Valor</b>
1	Profundidad máxima (m)	60
2	Altura de la Ola (m)	0.6
3	Periodo de la Ola (m)	15
4	Velocidad del Viento (m/s)	5
5	Clara Barcaza-Carga (m)	3.5
6	Tiempo de Preparación (horas)	4
7	Tiempo de Maniobra (horas)	1
8	Angulo máximo de ascenso (grados)	22.5

**Fuente:** Elaborado por el autor

Una vez que hemos establecido cuáles son las características de la carga que vamos a ascender a la superficie, podemos tener una idea de las dimensiones que requieren la pluma y el mástil para efectuar la izada del buque hundido con la seguridad necesaria.

El peso ascendido por la pluma actúa sobre la estabilidad de la embarcación como un peso situado en el extremo libre de la pluma.

Al realizar el ascenso, es como si embarcáramos un peso en crujía, en la sección media, y en la cubierta, lo trasladáramos a la posición del ascenso y lo eleváramos al nivel del extremo libre de la pluma.

Su efecto sería una reducción importante de la altura metacéntrica y una escora que debería de corregirse lastrando convenientemente la barcaza, utilizando los tanques de lastre de la posición opuesta a la del ascenso, lo que significaría otra variación de la altura metacéntrica por embarque de pesos y efectos de superficie libre.

La reducción de la altura metacéntrica es más notoria cuando trasladamos un peso a los bordes que cuando lo trasladamos a la proa o a la popa. La mejor alternativa es aquella con la que obtenemos un mayor radio metacéntrico positivo, y el manejo del menor volumen de agua de lastre, esto es ejecutando el rescate del pesquero por la popa de la barcaza.

Para determinar la longitud de la pluma, consideramos que debemos tomar un punto en el buque zozobrado para asirlo a la pluma de carga, el mismo que por razones de simetría, estará ubicado en la línea de crujía.

Además debe existir una distancia horizontal racional entre la carga subida y el buque que la iza, para evitar choques entre ambas.

La longitud efectiva del mástil, ha sido calculada en base a longitud de la pluma, por lo tanto, la longitud efectiva del mástil es menor a tres cuartos de la longitud de la luz de la pluma.

La longitud real del mástil está constituida por la longitud efectiva del mástil, más la longitud que existe entre el punto donde se unen la pluma de carga con el mástil y la cubierta, más la distancia del fondo del buque a la cubierta.

La pluma de carga estará constituida por una viga de sección rectangular de sección variable y reforzada interiormente por un amarre estructural longitudinal. Está diseñada para soportar los esfuerzos a los que estará sometida la pluma de carga.

En nuestro caso, trataremos de reducir la longitud entre el punto donde se unen la pluma de carga con el mástil y la cubierta, porque así reduciremos en gran medida los momentos flectores actuando sobre el mástil y por supuesto, reduciremos las dimensiones de las estructura que conforman el mástil.

El mástil efectivo está conformado por planchas de acero planas y esfuerzos estructurales, cuyas secciones transversales se mantienen en forma constante a partir del fondo y a medida que se asciende, de

tal forma que pueda soportar las fuerza cortantes, las deformaciones, los momentos flectores y los esfuerzos a que debe someterse.

La parte del mástil bajo cubierta es de sección constante e igual a la sección de mayor diámetro del mástil sobre cubierta.

Ya que el rescate lo efectuamos por la popa, el mástil estará ubicado a popa de la barcaza y en la línea de crujía, para aprovechar los buenos efectos que la simetría tiene en la estabilidad. Puesto que el mástil está conectado al pesquero a través de la pluma, y que debe existir un claro entre la barcaza y el pesquero, la distancia del mástil respecto de popa de la barcaza es igual a la longitud de la pluma, disminuida en la longitud del claro entre la barcaza y el pesquero y la semi-manga del buque hundido.

El dimensionado del arreglo mástil y pluma de carga mostrado en el Cuadro N°6 da lugar a un análisis basado principalmente en la determinación de las fuerzas necesarias para la selección del winche, el cable, poleas y cilindros hidráulicos.

**CUADRO N° 6**  
**DIMENSIONES DEL ARREGLO MASTIL-PLUMA**

<b>Nº</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Valor</b>
1	Longitud Pluma (m)	6.5
2	Longitud del Mástil efectivo (m)	2.5
3	Long. del Mástil bajo cubierta (m)	2

**Fuente:** Elaborado por el autor

## **CAPITULO III**

# **CARACTERISTICAS TECNICAS DE LA EMBARCACION**

Para el desarrollo de las características técnicas de la barcaza hemos partido de las dimensiones principales obtenidas en el capítulo II, estas dimensiones principales definirán las limitaciones de las operaciones de rescate, debido a que están directamente relacionadas con las características de estabilidad y con su capacidad carga máxima.

### **3.1 MATRIZ DE DISEÑO**

La Matriz de Diseño del Proyecto es un modelo de especificación de objetivos y actividades del proyecto.

La matriz se usa para prever resultados y determinar el propósito, las metas generales y los indicadores comprobables del proyecto incluso antes del inicio de la etapa de ejecución. A través de este método, se aclaran los alcances del proyecto y el grado en que facilita la eficaz administración de los logros.

El monitoreo permite revisar constante y flexiblemente los aportes, planes y actividades en respuesta a los cambios en las consideraciones externas.

Las matrices de diseño que caracterizan este proyecto son:

**Matriz de Características Técnicas:**

Esta matriz se encuentra

X1: Representa las características principales del proyecto, según los objetivos deseamos alcanzar.

O: Objetivos principales

R: Restricciones operacionales

D<sub>b</sub>: Dimensionado de la barcaza

D<sub>a</sub>: Dimensionado del arreglo mástil-pluma

$$X1 = \begin{bmatrix} O \\ R \\ D_b \\ D_a \end{bmatrix}$$

X2: Representa el plano de líneas de forma.

L: Eslora total

M: Manga

D: Puntal

F: Características de la forma

$$X2 = \begin{bmatrix} L \\ M \\ D \\ F \end{bmatrix}$$

X3: Representa las curvas hidrostáticas

De: Desplazamiento

T: Calado

Ft: Características de forma transversal

Fl: Características de forma longitudinal

$$X3 = \begin{bmatrix} D_e \\ T \\ F_t \\ F_l \end{bmatrix}$$

X4: Representa las curvas cruzadas

A: Ángulos de escora

KG: Centro de gravedad

De: Desplazamiento

GM: Altura metacéntrica

$$X4 = \begin{bmatrix} A \\ KG \\ D_e \\ GM \end{bmatrix}$$

X5: Representa la disposición general

U<sub>e</sub>: Ubicación de equipos de cubierta

U<sub>c</sub>: Ubicación de tanques de combustible

U<sub>l</sub>: Ubicación de tanques de lastre

U<sub>a</sub>: Ubicación del arreglo mástil-pluma

$$X5 = \begin{bmatrix} U_e \\ U_c \\ U_l \\ U_a \end{bmatrix}$$

X6: Representa el análisis de estabilidad

C<sub>w</sub>: Condiciones de carga

C<sub>e</sub>: Criterios de estabilidad

E<sub>e</sub>: Estabilidad estática de la embarcación

E<sub>d</sub>: Estabilidad dinámica de la embarcación

$$X6 = \begin{bmatrix} C_w \\ C_e \\ E_e \\ E_d \end{bmatrix}$$

X7: Representa el análisis estructural



Fa: Fuerzas actuantes sobre la embarcación

Ab: Análisis estructural de la barcaza

Am: Análisis estructural del mástil

Ap: Análisis estructural de la pluma

En conclusión podemos representar en una sola matriz de características técnicas todos los modelos matriciales representados

$$X_M = [X_1 \quad X_2 \quad X_3 \quad X_4 \quad X_5 \quad X_6 \quad X_7]$$

### **Matriz de Componentes de la Construcción:**

Esta matriz integra todos los componentes que intervienen durante el proceso de construcción, esta matriz está constituida por:

Y1: Planificación de etapas de la construcción

Y2: Materiales y equipos

Y3: Personal Disponible

Y4: Control de Calidad

Y5: Pruebas en general

Finalmente se puede representar la matriz de los componentes de la construcción de la siguiente manera:

$$Y_M = [Y_1 \quad Y_2 \quad Y_3 \quad Y_4 \quad Y_5]$$

**Matriz de Componentes Económicos y Financieros:**

Esta matriz integra todos los costos que generaran el desarrollo del proyecto así como los recursos disponibles, esta matriz está constituida por:

Z1: Salarios

Z2: Materiales y Equipos

Z3: Otros Servicios

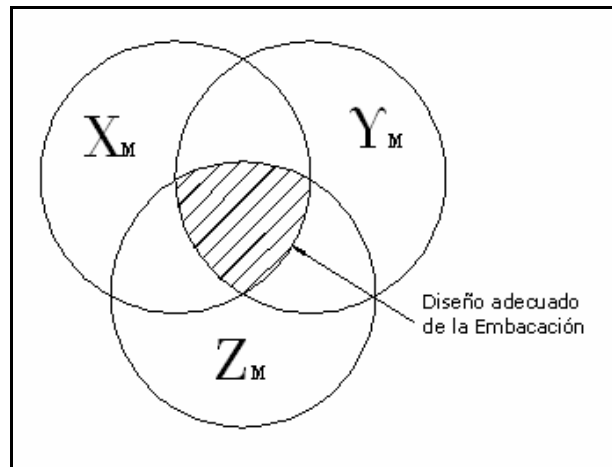
Z4: Recursos propios

Z5: Fuentes de Financiamiento

Finalmente se puede representar la matriz de los componentes de la construcción de la siguiente manera:

$$Z_M = [Z_1 \quad Z_2 \quad Z_3 \quad Z_4 \quad Z_5]$$

En conclusión la intersección de los componentes que constituyen las matrices  $X_M$ ,  $Y_M$  y  $Z_M$ , nos permitirán alcanzar un Diseño adecuado de la embarcación.



**Diseño adecuado de la embarcación**

### 3.2 LINEAS DE FORMA

Las líneas de forma de la Barcaza se definen por tres medidas principales correspondientes a las tres dimensiones perpendiculares. La primera es la eslora, la manga y el calado que corresponde a la profundidad. La envolvente de la forma del casco se asemeja a la de un paralelepípedo con estas dimensiones. La Forma del casco nos asegura una mayor estabilidad, lo cual es muy importante debido a la complejidad de las maniobras que involucran el rescate de una embarcación naufragada, así también representara un menor costo y una mayor facilidad de construcción.

Las Secciones transversales, líneas de flotación y secciones longitudinales que caracterizan la forma de la barcaza, están definidas en el Plano de Líneas de Forma del Anexo A.

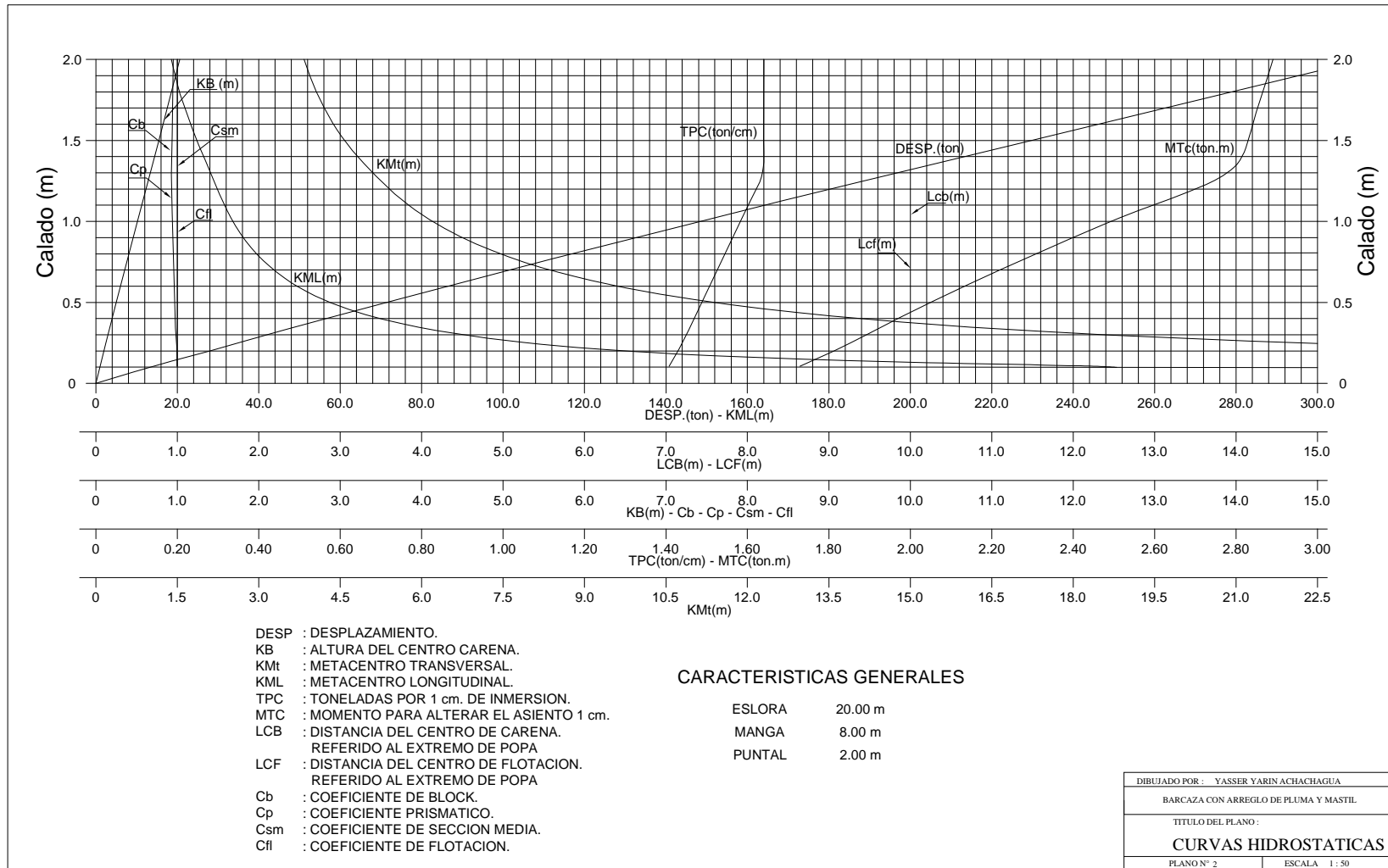
### 3.3 CURVAS HIDROSTATICAS

Las curvas hidrostáticas, son las curvas que reflejan del comportamiento de la carena de la Barcaza para los diferentes calados (estados de carga).

Estas serán utilizadas en el cálculo de la estabilidad transversal inicial de un buque, sin duda y a este fin la curva más significativa es la que determina la altura del metacentro transversal.

Otras curvas son empleadas en los cálculos de calados finales y de asiento, las curvas de parámetros verticales están referidas a la línea base o canto superior de la quilla y las curvas de parámetros longitudinales a la perpendicular de popa.

Las Curvas Hidrostáticas que han sido calculadas según la forma del casco de la barcaza están definidas en el Plano de Curvas Hidrostáticas del Anexo B.



### 3.4 CURVAS CRUZADAS

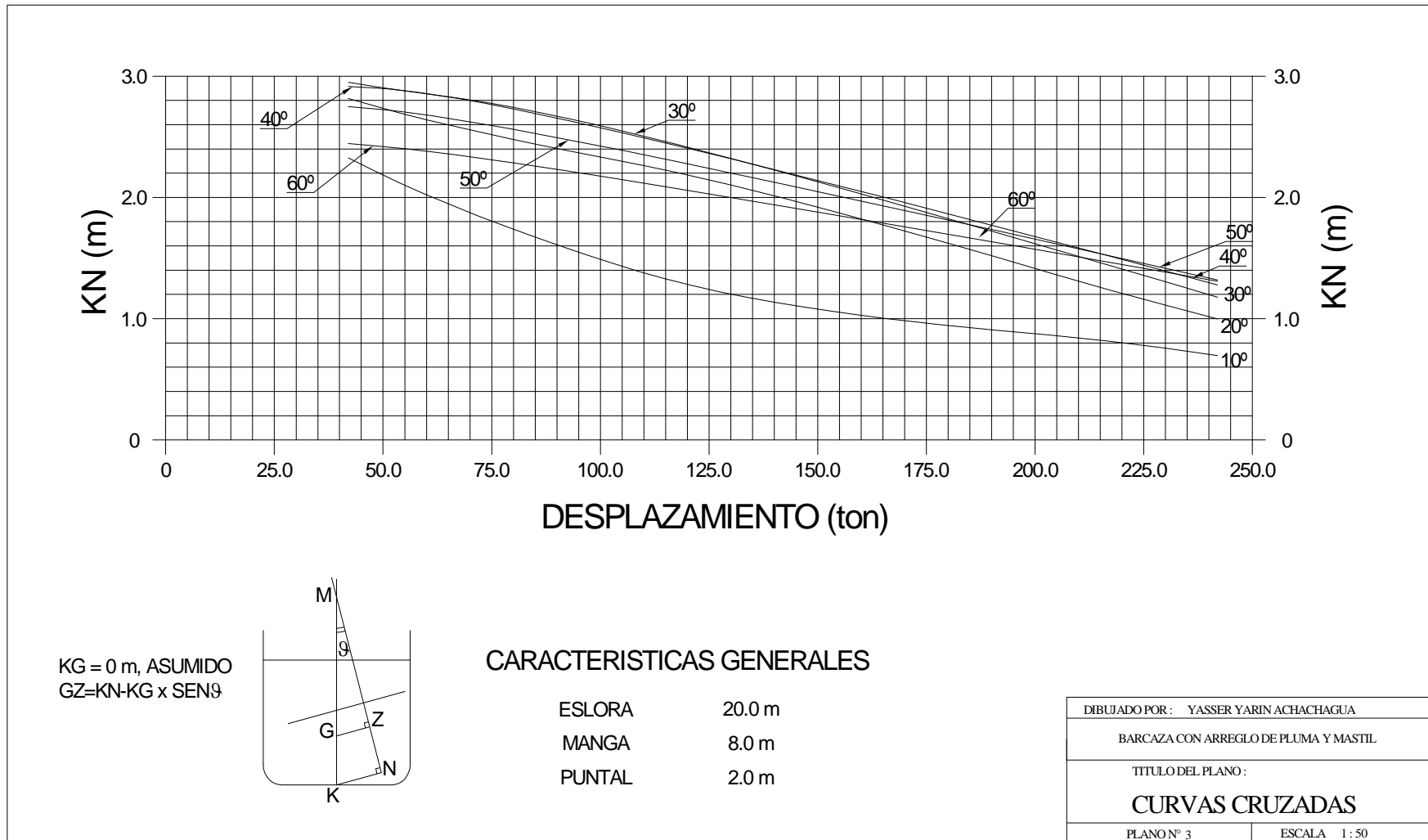
Estas curvas nos indican el brazo adrizante de la embarcación, para distintos desplazamientos, en distintos ángulos de escora. Debido que no se conoce con exactitud la posición del centro de gravedad, se hace una suposición del centro de gravedad en el punto más bajo de las formas del casco, donde denominamos este punto con la letra K, por lo tanto nuestro supuesto brazo adrizante será KN, y así generamos el plano de curvas cruzadas, para cualquier condición de carga. Luego una vez conocido el centro de gravedad de la nave, mediante un cálculo analítico de geometría se puede deducir la siguiente expresión:

$$GZ = KN - KG \text{ sen}\theta$$

Donde:

GZ = es el verdadero brazo adrizante.

Los gráficos de Curvas Cruzadas para  $KG = 0$  se encuentran definidas en el Plano de Curvas Cruzadas del Anexo C.



### 3.5 DISPOSICION GENERAL

Esta barcaza es esencialmente una grúa flotante, en donde la mayoría de espacio disponible sobre cubierta, está ocupado por el winche y de los equipos auxiliares necesarios para realizar las tareas de rescate, asimismo con los elementos estructurales necesarios para que pueda ser remolcado hasta el lugar en que ocurrió el naufragio. La disposición general de la barcaza puede ser vista con detalle en el Plano de Disposición General del Anexo D.

**Capacidad de Tanques:** se dispondrá de 04 tanques de lastre de 65 metros cúbicos de capacidad, ubicados a proa y al centro de la embarcación junto a 02 tanques para aceite hidráulico.

**Equipos de Maniobra y Remolque:** los equipos de cubierta o maniobra serán un towing winch de accionamiento hidráulico, un generador eléctrico suficiente capacidad, defensas de caucho comprimido en proa y popa, defensas tipo llantas colgadas alrededor de la unidad con cadenas de acero galvanizado, una bita doble reforzada en proa, una bita reforzada en popa, más dos bitas dobles en cada banda, un gancho de remolque, un cable de acero antigiratorio.



### **3.6 ANALISIS DE ESTABILIDAD**

La Estabilidad es la tendencia de un buque a retornar a su posición original luego de haber sido inclinado debida a fuerzas externas.

La condición de estabilidad de una embarcación es determinada casi completamente por la localización de dos puntos, su centro de gravedad y su centro de boyantes, los cuales varían con las distintas condiciones de carga.

Las condiciones extremas de carga de la barcaza son las que, por efectos de diseño se necesita estudiar, las cuales son: la condición sin carga, lastrada y sin asentamiento y la condición con carga máxima de levantamiento, lastrada y sin asentamiento.

La medida cierta del rango de estabilidad de un buque es su momento adrizante y por extensión su brazo de adrizamiento  $GZ$ , el cual es mostrada en las curvas de estabilidad estática o en las curvas cruzadas de estabilidad.

#### **3.6.1 ESTABILIDAD ADECUADA DE LA BARCAZA**

La pérdida de la flotabilidad en los buques ocasiona que ellos corran el peligro de naufragar.

Para que todo buque sea operable y maniobrable, tiene que cumplir con las condiciones de seguridad mínimas que le otorguen la confianza suficiente y necesaria a fin de que tenga la posibilidad de trabajar en las condiciones para las que ha sido diseñado.

Es de gran importancia observar las normas de estabilidad para los buques, en el presente caso una barcaza, pues, el cumplimiento fiel de ellas la presenta como suficientemente segura para soportar las grandes variaciones de carga que conlleva la ejecución del trabajo que debe realizar.

El Servicio de Guardacostas de los Estados Unidos propone los siguientes criterios de estabilidad para barcasas oceánicas:

### **Criterio de la Mínima Altura Metacéntrica**

La altura metacéntrica inicial requerida es calculada por intermedio de la siguiente expresión:

$$GM = P A h / \Delta \tan \theta$$

Donde:

GM: Mínima altura metacéntrica, m.

P: presión del viento

P:  $0.055 + 1309 \text{ ton/m}^2$

L: Eslora entre perpendiculares (m).

A: Arca lateral Proyectada, de la porción de la embarcación encima de la línea de agua correspondiente a la condición considerada ( $\text{m}^2$ ).

h : Distancia vertical entre el centro del área al centro del área lateral sumergida o aproximadamente la mitad del calado, m.

$\Delta$ : Desplazamiento, Ton.

$\theta$  : Angulo de escora comprendido entre la mitad del francobordo al borde de la cubierta a 140, lo que sea menor.

### **Criterio de la Estabilidad Dinámica Residual**

La Estabilidad Dinámica residual, definida como el Área bajo la curva de estabilidad estática (curva de brazos adrizantes), hasta el ángulo de máximo brazo adrizante, debe ser mínimo de 0.08 metro-radianes.

Comparemos las características de estabilidad mínimas requeridas con las características actuales de estabilidad de la barcaza, ver Anexo M, en las condiciones vacío con lastre para obtener asentamiento cero, cargado y con lastre para obtener asentamiento cero, con la pluma en la posición horizontal y a máxima elevación.

### 3.6.2 CALCULO DE ESTABILIDAD

El concepto de estabilidad inicial indica la tendencia de una embarcación a adrizarse cuando se inclina a ángulos pequeños, siempre que estos sean menores de siete grados, para cualquier desplazamiento. Esta estabilidad está dada por el tamaño de los brazos de adrizamiento generadas por la embarcación a pequeños ángulos de escora.

Conceptos necesarios para el cálculo de la estabilidad:

KG: es la distancia vertical desde la quilla hasta el centro de gravedad de la embarcación.

KB: es la distancia vertical desde la quilla hasta el centro de boyantes de la embarcación.

BM: es el radio metacéntrico.

GM: es la distancia vertical desde el centro de gravedad al metacentro (M) y se denomina altura metacéntrica.

I: Es el momento de inercia de la superficie de flotación con respecto a su eje baricéntrico longitudinal.

V: Es el volumen de carena.

Es importante establecer que la altura metacéntrica para todas las embarcaciones en cualquier condición de carga debe ser positiva.

El valor de KG depende de la posición de los diferentes pesos y no

se lo puede conocer sino sólo cuando la embarcación ya ha sido construida, sin embargo se le puede estimar.

Para obtener el metacentro es necesario Obtener las características hidrostáticas de la barcaza, con lo cual se podrá conocer la variación del metacentro a diversos calados

Para obtener las características hidrostáticas mostradas en el Anexo B es preciso anotar lo siguiente:

El centro de boyantes es obtenido geoméricamente, esto es, calculando el centro de gravedad de la parte sumergida de la barcaza.

El radio metacéntrico es obtenido utilizando la relación siguiente:

$$KM = KB + BM$$

$$BM = I / V$$

$$I = A_w * B^2 / 12$$

El radio metacéntrico también puede servir para calcular la altura metacéntrica

$$KM = KG + GM$$

De donde:

$$GM = KM - KG$$

El centro de gravedad de la barcaza es obtenido conociendo los centros de gravedad del casco, del mástil, de la pluma de carga y del lastre correspondiente.

Hay que anotar que por efectos de superficie libre, el centro de gravedad del buque es elevado en:

$$gg' = i / V$$

Donde:

$i$  : Momento de inercia de la superficie del agua de cada tanque de lastre.

$V$ : Volumen de desplazamiento de la barcaza.

Por consiguiente, la altura metacéntrica también se ve modificada.

$$KG' = KG + gg'$$

$$GM' = KMT - (KG' + gg')$$

Las características de hidrostáticas de la embarcación para las diferentes condiciones de carga satisfacen los criterios de mínima altura metacéntrica y se muestran en el Cuadro N°7.

Siendo las condiciones:

- El buque no tiene carga y la pluma se encuentra en las posiciones de  $0^\circ$  y  $30^\circ$ .

- El buque sostiene una carga máxima y la pluma se encuentra en las posiciones de 0° y 30°.

**CUADRO N°7**  
**CARACTERISTICAS HIDROSTATICAS**

Característica \ Condición	Condición			
	Sin Carga		Con Carga	
<b>T</b>	0.347	0.347	0.8372	0.8424
<b>KB</b>	0.172	0.172	0.4244	0.4272
<b>GM</b>	15.001	14.9	5.733	5.281
<b>KG</b>	1.114	1.215	1.253	1.704
<b>gg'</b>	0.56	0.56	0.4	0.221
<b>KG'</b>	1.674	1.776	1.654	1.926
<b>G'M</b>	14.44	14.339	5.332	5.06
<b>Lastre</b>	6.4	6.4	64.8	65.6

Fuente: Elaborado por el autor

### 3.6.3 CALCULO DE LA ESTABILIDAD DINAMICA RESIDUAL

Para obtener la estabilidad dinámica residual de la barcaza, primero hay calcular los parámetros de que definen las curvas de estabilidad estática mostradas en los Planos de Estabilidad Estática del Anexo E, para ello partimos de la suposición de que la barcaza se

encuentra con un determinado desplazamiento y una posición del centro de gravedad.

Entrando con el desplazamiento en abscisas en el Plano de Curvas Cruzadas mostrado en el Anexo C, obtendremos los brazos adrizantes para las distintas escoras, pero para un posición del centro de gravedad  $G'$  y no  $G$  que es el centro de gravedad real.

Si llamamos  $\theta$  al ángulo de escora, el brazo obtenido es  $GZ'$ , por lo tanto para obtener el  $GZ$  real es necesario utilizar la siguiente expresión:

$$GZ = GZ' - GG' \cdot \text{sen } \theta$$

Esto nos indica que para obtener los brazos adrizantes reales  $GZ$  debe restarse a los obtenidos de las curvas cruzadas  $GZ'$  una cantidad, llamada por ello corrección, que es el producto de la distancia vertical entre el centro de gravedad real y el supuesto por el seno del ángulo de escora, con los resultados obtenidos se definen las curvas de brazos adrizantes y que están representadas en los Planos de Curvas de Estabilidad Estática para las diferentes condiciones de carga mostrado en el Anexo .



Definimos la estabilidad dinámica residual determinando el área bajo la curva de estabilidad estática para los diferentes ángulos de escora, valores que podemos ver en el Cuadro N°8, donde podemos comprobar que el criterio de mínima estabilidad dinámica es claramente superado.

**CUADRO N°8**  
**ESTABILIDAD DINAMICA**

Característica \ Condición	Condición			
	sin carga-0°	sin carga-30°	cargado-0°	cargado-30°
<b>Grados</b>				
<b>5</b>	0.059	0.059	0.021	0.020
<b>10</b>	0.203	0.201	0.085	0.080
<b>15</b>	0.381	0.377	0.189	0.179
<b>20</b>	0.569	0.563	0.322	0.304
<b>25</b>	0.758	0.749	0.463	0.435
<b>30</b>	0.943	0.929	0.603	0.563
<b>35</b>	1.120	1.101	0.735	0.682
<b>40</b>	1.285	1.261	0.856	0.788
<b>45</b>	1.437	1.407	0.965	0.880
<b>50</b>	1.572	1.536	1.059	0.956
<b>55</b>	1.688	1.645	1.137	1.015
<b>60</b>	1.784	1.733	1.199	1.057
<b>65</b>	1.859	1.799	1.244	1.080

Fuente: Elaborado por el autor

## **CAPITULO IV**

# **DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE LA BARCAZA**

El diseño estructural de la barcaza se ha basado en las reglas de la Germanischer Lloyds para barcazas, mientras que el diseño del arreglo mástil-pluma se basó en las reglas de la Germanischer Lloyds para artefactos de elevación, asimismo se ha tenido en consideración los aspectos de estabilidad estática y dinámica y los factores externos que influirán el desempeño de la embarcación.

Se ha modelado con ayuda de un software CAD las características estructurales de la embarcación para ser analizadas con el software Algor, a fin de profundizar el análisis estructural de los elementos de mayor importancia, lográndose así una optimización del diseño.

#### **4.1 DISEÑO ESTRUCTURAL**

El objetivo del diseño estructural es crear una estructura segura y que satisfaga también un conjunto de diversos requisitos impuestos por factores tales como la función de la estructura, condiciones del lugar, aspectos económicos, estética, facilidades para construir, etc. El cálculo de las fuerzas internas es una parte integral del proceso de revisión de la estructura existente. Por lo regular nos interesan los esfuerzos internos producidos por las cargas, porque la finalidad es revisar el diseño de las estructuras existentes, de manera que los esfuerzos no excedan los valores límites de seguridad.

Un buen análisis se basa en prever con certeza el comportamiento de las estructuras en las condiciones de servicio, a pesar que todas las estructuras se deforman continuamente a causa de las cargas, de los cambios de humedad, de la temperatura y por otras causas.

#### **4.2 COMPONENTES ACTUANTES SOBRE EL ARREGLO MASTIL PLUMA**

En el cálculo de fuerzas es necesario determinar el esfuerzo de compresión máximo a que está sometida, reconsiderándose a la pluma soportando la carga máxima de trabajo y en una posición de 30° con respecto a la horizontal.

Asimismo este cálculo nos permitirá determinar el material del cable a utilizar en el arreglo. El cable seleccionado, por su flexibilidad y resistencia, nos asegura que podremos realizar la labor de rescate de una forma normal y segura, y nos permita contar con el menor radio de giros, a fin de poder utilizar poleas con el menor diámetro factible.

De acuerdo a las cargas a que están sometidos los distintos miembros del arreglo mástil-pluma en la condición de máxima carga, se obtienen las cargas críticas que habrán de soportar, lo cual se utilizara en la selección del equipo que forma parte del sistema de elevación.

El análisis del arreglo del tipo mástil-pluma para el manejo de la carga ha sido basado convencionalmente en la descomposición de la fuerza de izado en el plano utilizando cálculos trigonométricos representado en la Figura 1.

Se comienza el cálculo considerando que la pluma forma  $30^\circ$  con la horizontal y soporta una carga máxima de 17935.970Kg.

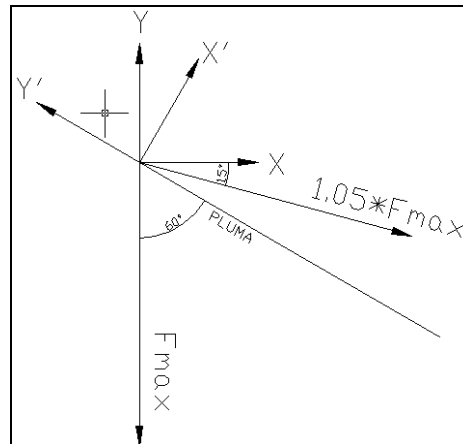


FIGURA 1.- DIAGRAMA DE FUERZAS SOBRE LA PLUMA

Del gráfico se obtiene las siguientes ecuaciones:

$$F_x = 1.05 \times F_{\max} \times \cos 15^\circ$$

$$F_y = -(F_{\max} + 1.05 \times F_{\max} \cos 75^\circ)$$

$$F_{x'} = 1.05 \times F_{\max} \times \cos 75^\circ - F_{\max} \times \cos 30^\circ$$

$$F_{y'} = -(F_{\max} \times \cos 60^\circ + 1.05 \times F_{\max} \times \cos 15^\circ)$$

Si sabemos que:

$$F_{\max} = 17935.970 \text{ kg}$$

Entonces:

$$F_x = 18191.057 \text{ kg}$$

$$F_y = -22810.249 \text{ kg}$$

$$F_x' = -10658.726 \text{ kg}$$

$$F_y' = -27159.0424 \text{ kg}$$

Además se calcula la fuerza de acción del viento sobre el sistema mástil-pluma, haciendo con la siguiente expresión:

$$F_w = C \times \frac{V^2}{1000} \text{ (kN / m}^2\text{)}$$

Donde:

C: coeficiente carga

V: velocidad de viento

Si: C = 1.3

V = 22m/s (velocidad promedio)

Obteniendo:

$$F_w = 393.25 \text{ N/m}^2$$

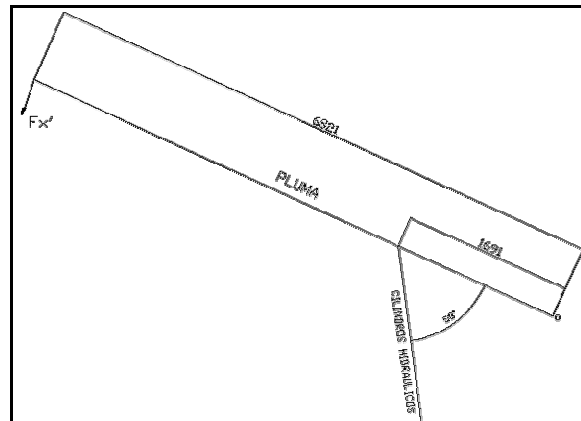


FIGURA 2.- DIAGRAMA DE DISPOSICION DE LA PLUMA Y DE LOS  
CICLINDROS HIDRAULICOS

#### 4.3 FUERZAS DINAMICAS DEBIDAS AL MOVIMIENTO DE LA BARCAZA

Muy raramente el buque navega en un mar en calma, el cual es agitado continuamente por las olas, las mismas que constituyen la fuente principal de movimientos del buque en el media marina y afectan considerablemente la eficiencia del buque, y ya que deseamos diseñar convenientemente la barcaza para el rescate de buques pesqueros naufragados, el éxito de tal diseño depende de la eficiencia de la barcaza en el mar.

Desafortunadamente en la predicción de los movimientos del buque es necesario hacer algunas suposiciones difíciles de evitar.

Los movimientos del buque afectan la estabilidad de la barcaza, y su predicción nos ayuda a diseñar adecuadamente la pluma de carga y el mástil.

Los investigadores han querido diferenciarlas en seis movimientos, tres movimientos en el sentido de los ejes y tres movimientos de rotación alrededor de cada una de los ejes, a saber: largada, vaivén, arfada, balance, cabeceo y guiñada, de los cuales, los que en mayor forma afectan la seguridad de la barcaza son la arfada, el balance y el cabeceo, siendo las parámetros medidas los siguientes:

- a) Fuerza debida al balance, máxima ángulo de balance y su aceleración tangencial
- b) Fuerza debida al cabeceo, máximo Angulo de cabeceo y su aceleración tangencial.
- c) Fuerza debida a la arfada.

Con el uso del programa mostrado en el Anexo G, el cual se ha formulado utilizando los conceptos de la Teoría de la Rebanada mostrada en el Anexo E, se ha comprobado que la embarcación responde en forma adecuada para la tarea de levantamiento del buque naufragado desde el fondo del mar bajo las condiciones mostradas en el Cuadro N°5, considerando además las diferentes condiciones de carga y que las olas inciden sobre el buque con un



ángulo de 90°, las fuerzas dinámicas actuantes determinadas antes estas condiciones son mostradas en el Cuadro N°9.

**CUADRO N°9**  
**FUERZAS DINAMICAS ACTUANTES**

Cond. Mov.	Detalle	Sin Carga		Con Carga	
		0°	30°	0°	30°
<b>Arfada</b>	Desplazamiento (m)	0.761	0.778	0.812	0.811
	Acel. Vertical (m/s <sup>2</sup> )	1.654	1.79	2.561	2.567
<b>Rolido</b>	Máximo Angulo (rad)	0.0586	0.0587	0.0645	0.0649
	Acel. Angular (rad/s <sup>2</sup> )	0.2029	0.2033	0.2103	0.2114
Los valores obtenidos en cabeceo son insignificantes					

**Fuente:** Elaborado por el auto

Del Cuadro N°9 podemos resaltar la aceleración vertical como resultado del movimiento de Arfada, el cual sumado con el de la gravedad, obtendremos una nueva aceleración vertical actuante sobre la carga que soportada por el sistema de elevación siendo este valor de:

$$G \text{ resultante} = G \text{ gravedad} + G \text{ arfada}$$

$$G \text{ resultante} = 12.38 \text{ m/s}^2$$

#### 4.4 EL SOFTWARE ALGOR FEA

Uno de los grandes problemas a los que se enfrenta la modelación de eventos mecánicos usando el método de elementos finitos, es la veracidad de los resultados, ya que si bien es cierto que la técnica de elementos finitos nos es exacta desde sus fundamentos por ser un método numérico para la solución de ecuaciones, tenemos que añadir aun un factor de error mayor debido a la modelación y a los problemas para generar diseños en CAD fiables, que sean representativos del modelo físico real y que las condiciones de operación y de frontera de los modelos.

Básicamente, el método de elementos finitos presenta 2 grandes desventajas, el primero es que es un método numérico y su precisión depende de la cantidad de nodos que se puedan incluir en una sola pieza, ya que a mayor numero de nodos, se obtiene un resultado mucho más certero, sin embargo, un mayor número de nodos, también representa una mayor cantidad de ecuaciones y por lo tanto, una mayor cantidad de recursos computacionales empleados para la solución de dichas ecuaciones y a su vez también representa tiempo – maquina empleado para tener un resultado.

La segunda desventaja que tiene el método de elementos finitos, es la modelación, ya que para que una simulación sea representativa de los fenómenos físicos estudiados, tiene que considerarse los factores más preponderantes que afecten directamente los resultados. Por ejemplo, al estudiar una pieza sometida a cargas estáticas, en la vida real, también está afectada por el coeficiente de expansión térmica y por lo tanto, los resultados serán afectados también por la temperatura a la que se encuentre la pieza, pero dado que la magnitud de las cargas estáticas exceden por gran medida este factor, es entendible asumir que la temperatura, la gravedad o algún otro factor, no nos afecta en la determinación de esfuerzos de la pieza estudiada, pero tenemos que estar concientes que los resultados no son la realidad, es una aproximación.

Es básicamente por estas razones, por lo que el futuro de la ingeniería asistida por computadora, se encuentra ligada en la habilidad de representar de forma precisa el comportamiento natural de un fenómeno.

ALGOR FEA, cuenta con una gran variedad de módulos aplicados a diferentes campos de estudio, pero uno de los más importantes, es el módulo de simulación mecánica de eventos, o por sus siglas en ingles MES (Mechanical Event Simulation) ya que dentro de este módulo, el usuario puede simular diferentes escenarios y situaciones

de tal modo que ingenieros de cualquier disciplina, puedan tener una idea acerca del desempeño de sus diseños.

El módulo MES, brinda la posibilidad de realizar análisis cinemáticos en función del tiempo, empleando el método de elementos finitos, lo que provee la facultad de analizar y simular de forma simultánea, flexiones, movimiento y en sí, la interacción dinámica de un ensamble de piezas.

Entre alguno de los detalles más importantes se puede mencionar, que para el análisis de esfuerzo máximo y el factor de seguridad, el software basa su análisis en la teoría de Von Mises o teoría de falla por energía de distorsión máxima.

#### **4.5 TEORIA DE FALLA POR ENERGIA DE DISTORSION MAXIMA**

La energía de deformación se compone de la energía de deformación (cambio de volumen) y de la distorsión .

$$\mu = \mu_v + \mu_d \quad (\mu_{\text{volumen}} + \mu_{\text{distorsion}})$$

La falla ocurre si la energía de distorsión por volumen unitario excede la correspondencia a una prueba de tensión unitaria en la falla.

Los esfuerzos principales se componen de esfuerzos que producen cambio de volumen y cambio de distorsión.

$$\begin{aligned}\sigma_1 &= \sigma_1' + \sigma_{1v} & \sigma_i' &= \sigma \text{ que causa distorsión.} \\ \sigma_2 &= \sigma_2' + \sigma_{2v} & \sigma_v &= \sigma \text{ que causa cambio de volumen. (1)} \\ \sigma_3 &= \sigma_3' + \sigma_{3v}\end{aligned}$$

Y para que no haya cambio de volumen por los componentes de distorsión se debe cumplir que:

$$\varepsilon_1' + \varepsilon_2' + \varepsilon_3' = 0 \quad (2)$$

Además se tiene que por la ley de Hooke:

$$\begin{aligned}\varepsilon_1' &= \frac{1}{E} \cdot (\sigma_1' - \nu \cdot \sigma_2' - \nu \cdot \sigma_3') \\ \varepsilon_2' &= \frac{1}{E} \cdot (\sigma_2' - \nu \cdot \sigma_1' - \nu \cdot \sigma_3') \\ \varepsilon_3' &= \frac{1}{E} \cdot (\sigma_3' - \nu \cdot \sigma_1' - \nu \cdot \sigma_2')\end{aligned}$$

Como se debe cumplir la ecuación (2)

$$\frac{1}{E} (\sigma_1' - \nu \cdot \sigma_2' - \nu \cdot \sigma_3' + \sigma_2' - \nu \cdot \sigma_1' - \nu \cdot \sigma_3' + \sigma_3' - \nu \cdot \sigma_1' - \nu \cdot \sigma_2') = 0$$

Por lo tanto

$$\sigma'_1 + \sigma'_2 + \sigma'_3 - 2\nu \cdot (\sigma'_1 + \sigma'_2 + \sigma'_3) = 0$$

Y puesto que  $\nu$  no es cero, se cumple que

$$(\sigma'_1 + \sigma'_2 + \sigma'_3) = 0$$

De otra parte si se suman las ecuaciones en (1)

$$\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 = \sigma_\nu + \sigma_\nu + \sigma_\nu + \sigma'_1 + \sigma'_2 + \sigma'_3 = 0$$

$$\sigma_\nu = \frac{1}{3} \cdot (\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3) \tag{3}$$

La ecuación (3) se puede usar para encontrar los esfuerzos principales de distorsión en función de los esfuerzos normales principales.

Como se tiene la condición de las ecuaciones (1) sabiendo que  $\nu$  es el mismo para los tres esfuerzos:

$$\sigma'_1 = \sigma_1 - \frac{1}{3} \cdot (\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3) \qquad \sigma'_1 = \frac{2}{3} \sigma_1 - \frac{1}{3} \sigma_2 - \frac{1}{3} \sigma_3$$

$$\sigma'_1 = \frac{2}{3} \cdot \left( \sigma_1 - \frac{\sigma_2}{2} - \frac{\sigma_3}{2} \right)$$

$$\sigma'_2 = \frac{2}{3} \cdot \left( \sigma_2 - \frac{\sigma_1}{2} - \frac{\sigma_3}{2} \right)$$

$$\sigma'_3 = \frac{2}{3} \cdot \left( \sigma_3 - \frac{\sigma_1}{2} - \frac{\sigma_2}{2} \right)$$

La energía de deformación por cambio de volumen será:

$$U_v = \frac{3\sigma_v \varepsilon_v}{2}$$

En este caso se puede usar la ley de Hooke como:

$$\varepsilon_v = \frac{1}{E} (\sigma_v - \nu \cdot \sigma_v - \nu \cdot \sigma_v) = \frac{\sigma_v}{E} (1 - 2\nu)$$

Por lo tanto

$$U_v = \frac{3}{2} \sigma_v \cdot \frac{\sigma_v}{2} (1 - 2\nu)$$

Y teniendo en cuenta la relación (3)

$$U_v = \frac{1 - 2\nu}{6E} (\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3)^2$$

Y como  $U_d = U - U_v$  (5)

Y que

$$U_v = \frac{1}{2E} [\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - 2\nu(\sigma_1\sigma_2 + \sigma_1\sigma_3 + \sigma_2\sigma_3)] \quad (6)$$

Se tiene de (4) (5) y (6) que:

$$U_d = \frac{1 - \nu}{3E} [\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - \sigma_1\sigma_2 - \sigma_1\sigma_3 - \sigma_2\sigma_3]$$

Análogamente para una prueba uniaxial, la energía de distorsión será:

$$U_d = \frac{1-\nu}{3E} [\sigma_{yp}^2]$$

Y entonces para diseñar se tiene el siguiente criterio, introduciendo un factor de Diseño  $n_d$

$$\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - \sigma_1\sigma_2 - \sigma_1\sigma_3 - \sigma_2\sigma_3 \leq \left( \frac{\sigma_{yp}}{n_d} \right)^2$$

#### 4.6 ANALISIS POR EL METODO DE ELEMENTOS FINITOS

El análisis por elementos finitos (FEA por sus siglas en inglés: Finite Element Analysis) es una técnica de simulación por computador usada en ingeniería. Usa una técnica numérica llamada Método de los elementos finitos (FEM).

En estas aplicaciones, el objeto o sistema se representa por un modelo geoméricamente similar que consta de múltiples regiones discretas simplificadas y conectadas. Ecuaciones de equilibrio, junto con consideraciones físicas aplicables así como relaciones constitutivas, se aplican a cada elemento, y se construye un sistema de varias ecuaciones. El sistema de ecuaciones se resuelve para los valores desconocidos usando técnicas de álgebra lineal o esquemas no lineales, dependiendo del problema. Siendo un método aproximado, la precisión de los métodos FEA puede ser mejorada



refinando la discretización en el modelo, usando más elementos y nodos.

Un uso común de FEA es para determinar los esfuerzos y desplazamientos en sistemas mecánicos. Es además usado de manera rutinaria en el análisis de muchos otros tipos de problemas, entre ellos Transferencia de calor, dinámica de fluidos, y electromagnetismo. Con FEA se pueden manejar sistemas complejos cuyas soluciones analíticas son difícilmente encontradas. En general, hay tres fases en cualquier tarea asistida por computador:

- 1) Pre-procesamiento. Definir el modelo de elementos finitos y los factores ambientales que influyen en él.
- 2) Solución del análisis. Solucionar el modelo de elementos finitos.
- 3) Post-procesamiento de resultados usando herramientas de visualización.

### **Pre-procesamiento**

El primer paso en FEA, pre-procesamiento, es construir un modelo de elementos finitos de la estructura a ser analizada. En muchos paquetes de FEA se requiere de la entrada de una descripción

topológica de las características del elemento a analizar.

Ésta puede ser 1D, 2D, o 3D. El objetivo principal del modelo es replicar de manera realista los parámetros importantes y características del modelo real. La manera más sencilla para conseguir similaridad en el análisis es utilizar planos pre-existentes, modelos CAD, o datos importados de un ambiente FEA. Una vez se ha creado la geometría, se utiliza un procedimiento para definir y dividir el modelo en "pequeños" elementos. En general, un modelo de elementos finitos está definido por una malla, la cual está conformada por elementos y nodos. Los nodos representan puntos en los cuales se calcula el desplazamiento (análisis estructural). Los paquetes de FEA enumeran los nodos como una herramienta de identificación. Los elementos están determinados por conjuntos de nodos, y definen propiedades localizadas de masa y rigidez. Los elementos también están definidos por la numeración de la malla, la cual permite referenciar la correspondiente deflexión o esfuerzo (en análisis estructural) para una localización específica.

### **Análisis**

En la siguiente etapa en el proceso de análisis de elementos finitos se lleva a cabo una serie de procesos computacionales que involucran fuerzas aplicadas, y las propiedades de los elementos de

donde producir un modelo de solución. Tal análisis estructural permite la determinación de efectos como lo son las deformaciones, estiramiento o *estrés* que son causados por fuerzas estructurales aplicadas como lo son la fuerza, la presión y la gravedad.

### **Post-procesamiento**

Estos resultados entonces pueden ser estudiados utilizando herramientas visuales dentro del ambiente de FEA para ver y para completamente identificar las implicaciones del análisis. Herramientas numéricas y gráficas permiten la localización precisa de información como estreses y deflexiones a ser identificadas.

### **Criterio Seguido para el Análisis por Elementos Finitos**

La secuencia seguida para el análisis por elementos finitos, ver Figura 3, comienza a partir de un diseño preliminar o prototipo de lo que se desea obtener, la cual será analizada para diferentes condiciones de carga, en nuestro caso las condiciones del análisis de nuestro modelo es el recomendado por las Reglas de la Germanischer Lloyd para la construcción y revisión de artefactos de elevación, son las siguientes:

- La carga máxima multiplicada por el factor de 1.6.

- Los pesos muertos (equipos y estructuras).
- La Fuerza del viento actuante sobre las superficies del arreglo pluma-mástil.

Una vez establecidas las condiciones de carga que actuaran sobre nuestro modelo, se analiza su repuesta mediante la obtención del esfuerzo máximo actuante y del factor de seguridad del elemento analizado.

Si los resultados son satisfactorios se finaliza el análisis, caso contrario se varían las dimensiones de algunos elementos estructurales y se procede a realizar un nuevo análisis hasta obtener los resultados más óptimos.

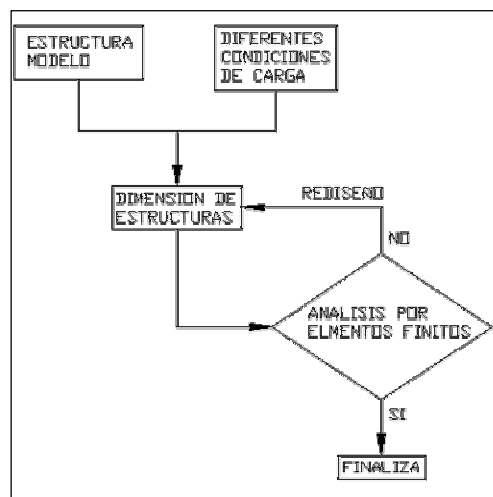


FIGURA 3.- DIAGRAMA DE FLUJO DEL ANALISIS

#### 4.7 ANALISIS ESTRUCTURAL DE LA PLUMA

En el análisis estructural de la pluma de carga es necesario considerarla como si fuera un puntal con sus extremos articulados. Su diseño estructural se la hace considerando el momento flector y la carga de compresión a las que estará sometido la pluma.

Entonces es preciso recurrir a los valores de las componentes de las fuerzas paralelas y normales de la pluma.

La estructura es básicamente una viga cajón, donde las planchas y estructuras que la conforman, han sido escogidas de tal forma que se asegure un factor de seguridad mayor que 1.6 con respecto a la carga límite de elasticidad del material del que está constituido.

El análisis se realiza para la condición de carga máxima, se determina la tensión de trabajo partiendo de un modelo preliminar que después será optimizado con ayuda del software Algor.

La tensión de trabajo se determina a partir del siguiente cálculo:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W}$$

$$M_{\max} = F_{\max} \times d + W_{pluma} \times d'$$

$$W = \frac{(b_e \times h_e^2)}{6} - \frac{b_i \times \left(\frac{h_i^3}{h_e}\right)}{6}$$

$$b_i = b_e - e$$

$$h_i = h_e - e$$

Donde:

$M_{\max}$  : Momento flector máximo.

$F_{\max}$ : carga máxima de trabaja.

$W_{\text{pluma}}$ : Peso de la pluma.

$d$ : distancia de la carga al mástil.

$d'$ : distancia del c.g. de la pluma al mástil.

$b_e$  ,  $h_e$  : lados exteriores de pluma.

$b_i$  ,  $h_i$  : lados interiores de pluma.

$e$ : espesor de la plancha.

Calculando obtenemos los siguientes resultados:

$$M_{\max}=1019056883.836\text{Kg}$$

$$W=8342922.38\text{mm}^3$$

$$\sigma_{\max}= 151.293\text{MPa}$$

Para que este valor sea adecuado se debe cumplir:  $\sigma_{\max} < \frac{\sigma_{\text{material}}}{1.6}$

$\sigma_{\max}= 151.293\text{MPa} < 156.25\text{MPa}$  el valor obtenido es satisfactorio

Para el análisis por el método de elementos finitos previamente se ha modelado la pluma, según el Plano de Estructuras de la Pluma mostrado en el Anexo H, con ayuda de un Software CAD, este modelo ha sido importado por el Software Algor para llevar a cabo nuestro análisis.

Dentro del software Algor hemos representado la condición de máxima carga, caracterizada por la acción de la fuerzas  $F_x'=10658.726\text{Kg}$  y  $F_y'=27159.042\text{Kg}$ , normal y paralela a la pluma respectivamente, además se establecen las condiciones de contorno y el tipo de material ASTM A36.

Se considera un mallado del 10% como se muestra en la Figura 4, elegimos realizar el análisis con un mallado muy fino, porque este optimiza los resultados obtenidos por el software.

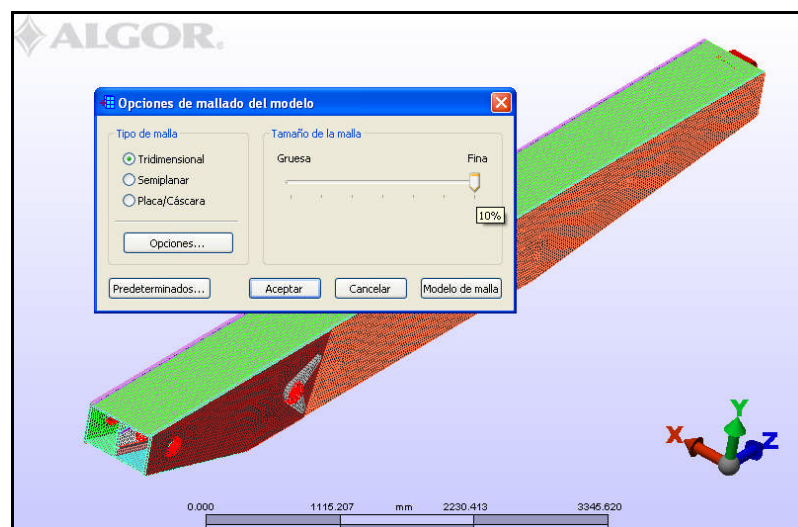
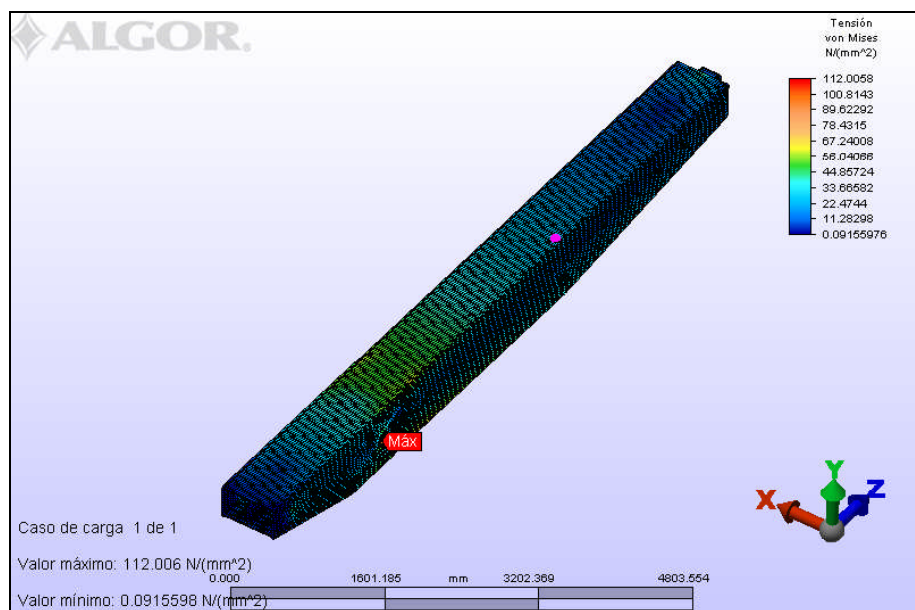


FIGURA 4.- OPERACIÓN DE MALLADO DE LA PLUMA

La distribución de los esfuerzos de Von Mises obtenidos sobre la pluma Figura 5, muestran que el sector en el que actúa los cilindros hidráulicos son las que presentan una gran concentración de esfuerzos, especialmente en las cercanías de los apoyos, alcanzando un esfuerzo máximo de 112 MPa.



**FIGURA 5.- TENSION DE VON MISES SOBRE LA PLUMA**

Aunque el esfuerzo es un valor muy grande, no supera el esfuerzo de fluencia del material, por lo que bajo esta condición de carga no se producirá una falla en la estructura. Según el criterio de fallas de Von Mises, el mínimo Factor de Seguridad alcanzado por la pluma es de 2.22, como se muestra en la Figura 6.



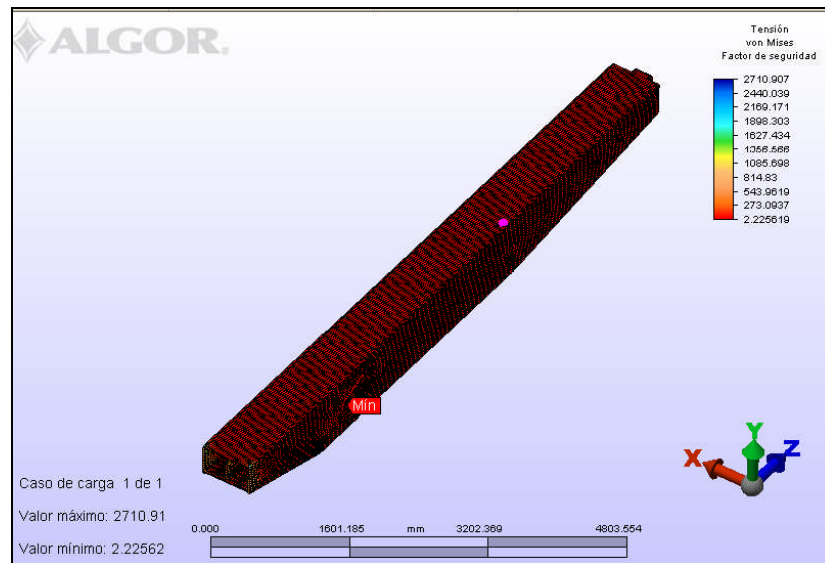


FIGURA 6.- FACTOR DE SEGURIDAD DE LA PLUMA

En conclusión los resultados de nuestro análisis son satisfactorios debido a que el factor de seguridad obtenido es superior al recomendado por el reglamento de la Germanischer Lloyd para artefactos de elevación.

#### 4.8 ANALISIS ESTRUCTURAL DEL MASTIL

El mástil, en lo que a su cálculo estructural respecta, es tomado como una columna empotrada en un extremo fijo y libre en el otro.

La parte del mástil correspondiente al cantiliver está constituida por el mástil efectivo, más el tramo desde la cubierta a la intersección del mástil efectivo con la pluma de carga.

La estructura es básicamente una viga cajón de sección variable, donde las planchas y estructuras que la conforman, han sido escogidas de tal forma que se asegure un factor de seguridad mayor que 1.6 con respecto a la carga límite de elasticidad del material del que está constituido.

El análisis, al igual que la pluma, se realiza para la condición de carga máxima. Se determina la tensión de trabajo partiendo de un modelo preliminar que después será optimizado con ayuda del software ALGOR FEA.

La tensión de trabajo se determina a partir del siguiente cálculo:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W}$$

$$M_{\max} = R_{\max} \times d$$

$$W = \frac{(b_e \times h_e^2)}{6} - \frac{b_i \times \left(\frac{h_i^3}{h_e}\right)}{6}$$

$$b_i = b_e - e$$

$$h_i = h_e - e$$

Donde:

$M_{\max}$  : Momento flector máximo.

$R_{\max}$ : Reacción horizontal máxima.

$d$ : distancia de la carga al mástil.

be , he : lados exteriores del mástil.

bi , hi : lados exteriores del mástil.

e: espesor de la plancha.

Calculando obtenemos los siguientes resultados:

$$M_{\max} = 32590850.88 \text{Kg}$$

$$W = 5714037.964 \text{mm}^3$$

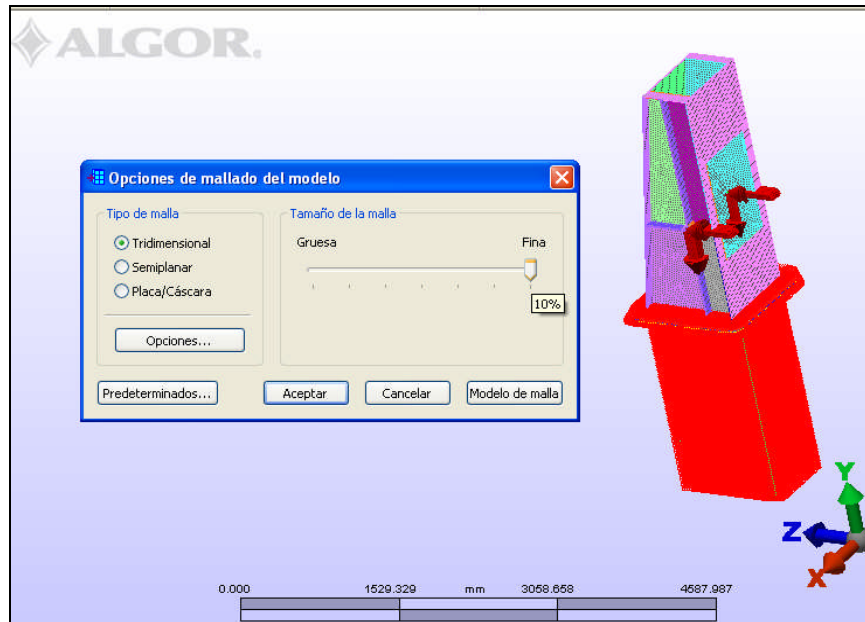
$$\sigma_{\max} = 70.269 \text{MPa}$$

Para que este valor sea adecuado se debe cumplir:  $\sigma_{\max} < \frac{\sigma_{\text{material}}}{1.6}$

$\sigma_{\max} = 70.269 \text{MPa} < 156.25 \text{MPa}$  el valor obtenido es satisfactorio.

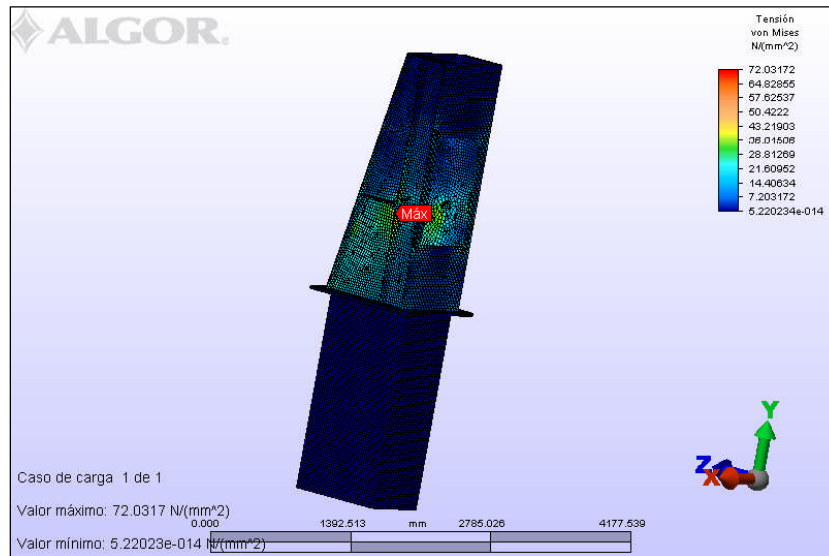
Para el análisis por el método de elementos finitos previamente se ha modelado el mástil, según el Plano de Estructuras del Mástil mostrado en el Anexo I, con ayuda de un Software CAD, este modelo ha sido importado por el Software Algor para llevar a cabo nuestro análisis.

Con ayuda del Software Algor se han representado las condiciones de máxima carga, esta se encuentra bajo la acción de las fuerzas  $F_x = 18191.057 \text{Kg}$  y  $F_y = 22810.249 \text{Kg}$ , normal y paralela al mástil respectivamente, además se establecen las condiciones de contorno, el tipo de material ASTM A36 y un tamaño de mallado del 10%, como se muestra en la Figura 7.



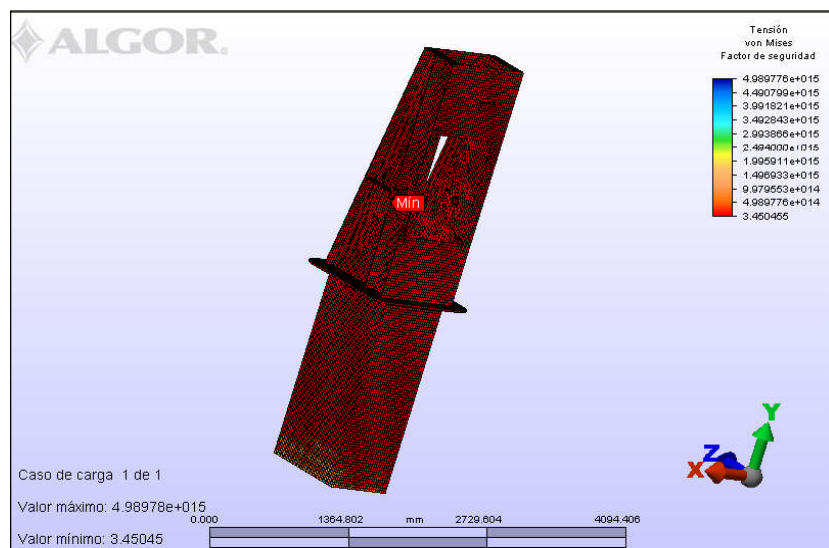
**FIGURA 7.- OPERACIÓN DE MALLADO DEL MASTIL**

La distribución de los esfuerzos de Von Mises obtenidos sobre la pluma Figura 8, muestran que los sectores donde se apoya la pluma de carga son las que presentan una gran concentración de esfuerzos, especialmente en las cercanías de los apoyos, alcanzando un esfuerzo máximo de 72 MPa.



**FIGURA 8.- TENSION DE VON MISES SOBRE EL MASTIL**

El esfuerzo máximo obtenido no supera el esfuerzo de fluencia del material, por lo que bajo esta condición de carga no producirá falla en la estructura, además el mínimo Factor de Seguridad alcanzado por la pluma es de 3.45, como se muestra en la Figura 9.



**FIGURA 9.- FACTOR DE SEGURIDAD DEL MASTIL**

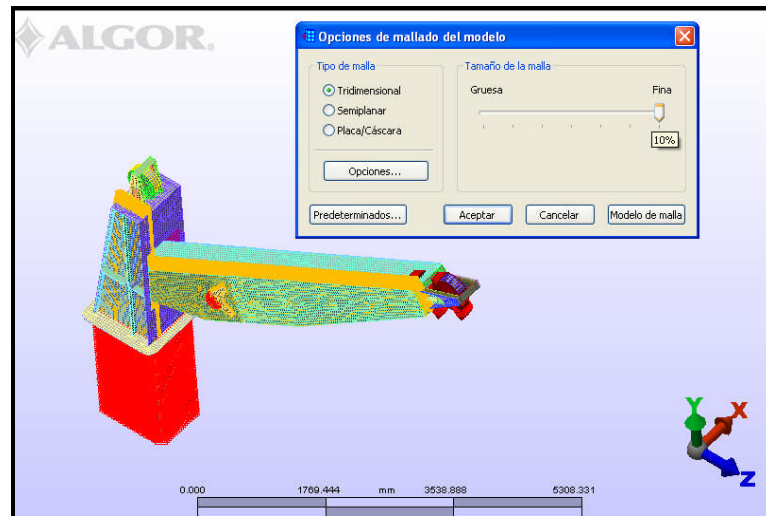
En conclusión los resultados de nuestro análisis son satisfactorios debido a que el factor de seguridad obtenido es superior al recomendado por el reglamento de la Germanischer Lloyd para artefactos de elevación.

#### **4.9 ANALISIS ESTRUCTURAL DEL ARREGLO MASTIL-PLUMA**

Para este análisis el mástil y la pluma de carga son ensambladas de tal forma que representen su condición de máxima carga.

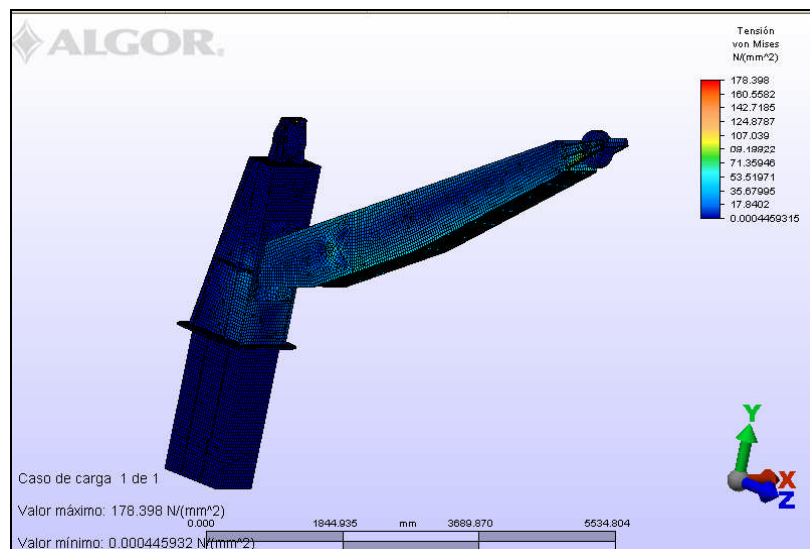
Las fuerzas aplicadas sobre el sistema pluma-mástil son las que causan los mayores esfuerzos sobre dicho sistema, además se considera la fuerza debida a la acción del viento, según se indica en el Reglamento de la Germanischer Lloyd para artefactos de elevación.

El análisis se realizó considerando que el sistema pluma-mástil soporta la acción de fuerzas  $F_x=18191.057\text{Kg}$  y  $F_y=22810.249\text{Kg}$ , horizontal y vertical respectivamente, además de la fuerza que representa la acción del viento de  $393.25\text{ N/m}^2$ , se establecen las condiciones de contorno, el tipo de material ASTM A36 y un tamaño de mallado del 10%, como se muestra en la Figura 10.



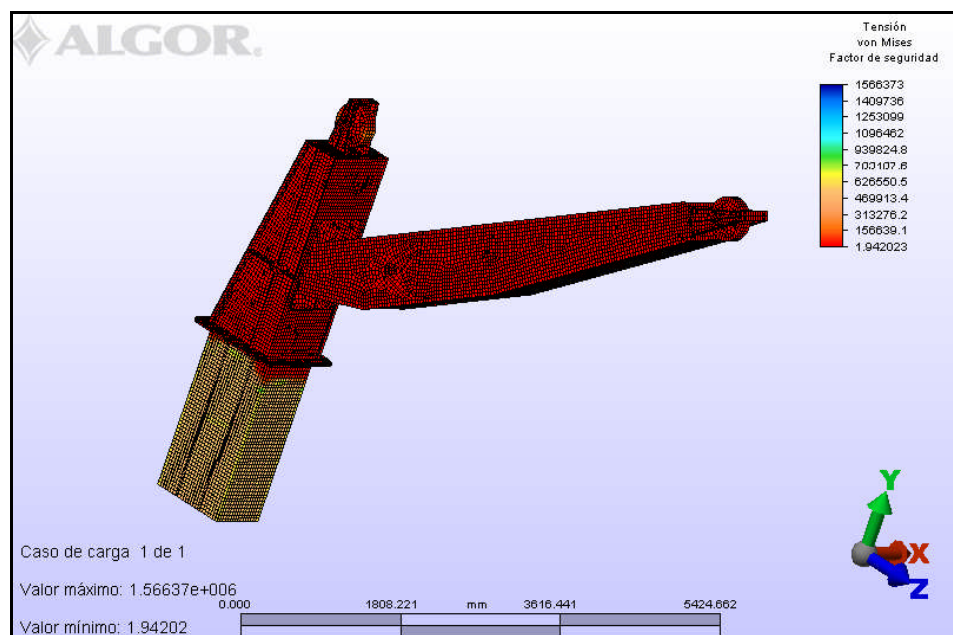
**FIGURA 10.- OPERACIÓN DE MALLADO DEL ARREGLO  
MASTIL-PLUMA**

La distribución de los esfuerzos de Von Mises obtenidos sobre el sistema pluma-mástil Figura 11, muestran que la estructura que soporta la polea presentan una gran concentración de esfuerzos, especialmente en las cercanías del extremo de la pluma, alcanzando un esfuerzo máximo de 178.39 MPa.



**FIGURA 11.- TENSION DE VON MISES SOBRE EL ARREGLO  
MASTIL-PLUMA**

Aunque el esfuerzo máximo es muy grande, no supera el esfuerzo de fluencia del material, por lo que bajo esta condición de carga no producirá falla en el material, además el mínimo Factor de Seguridad alcanzado por la pluma es de 1.94, que es un valor superior al requerido por la clasificadora, como se muestra en la Figura 12.



**FIGURA 12.- FACTOR DE SEFURIDAD DEL ARREGLO  
MASTIL-PLUMA**

Podemos concluir que nuestro modelo satisface el factor de seguridad recomendado por el reglamento de la Germanischer Lloyd para artefactos de elevación.

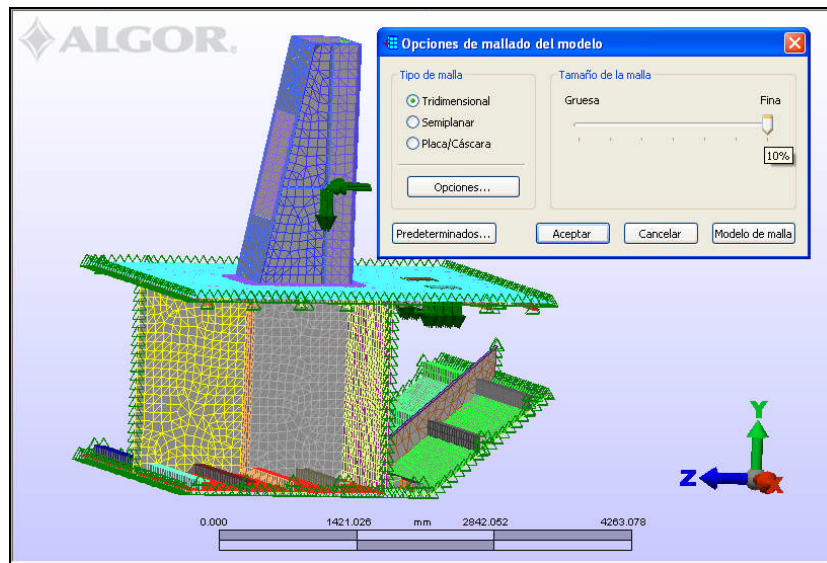


#### 4.10 ANALISIS ESTRUCTURAL DE LA UNION BARCAZA-MASTIL

Esta parte del análisis tiene como objetivo comprobar que en las estructuras, que forman parte de la barcaza y que están relacionadas estructuralmente con el mástil, no se produzca una falla estructural ante las condiciones de máxima carga.

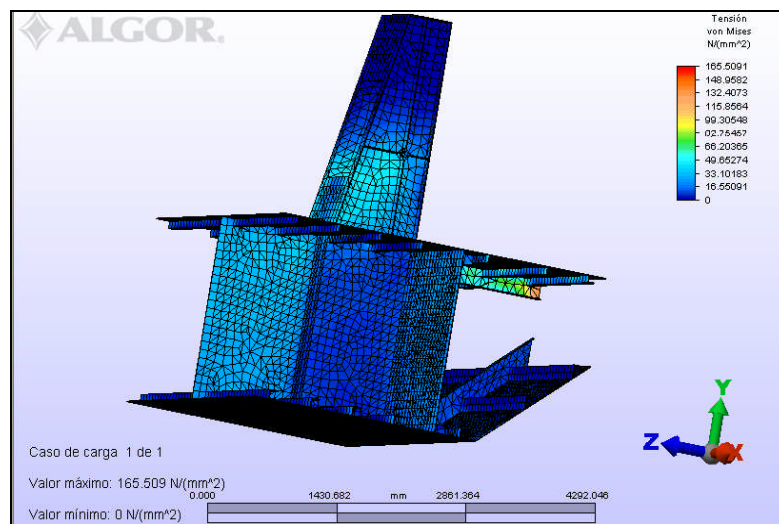
Para el análisis por el método de elementos finitos previamente se ha modelado el mástil y elementos estructurales de la Barcaza ligados a este, según el Plano de Estructuras del Mástil del Anexo I y el Plano de Estructuras de la Barcaza del Anexo J, con ayuda de un Software CAD, este modelo ha sido importado por el Software Algor para llevar a cabo el análisis.

Con ayuda del Software Algor se han representado las condiciones de máxima carga, esta se encuentra bajo la acción de las fuerzas  $F_x=18191.057\text{Kg}$  y  $F_y=22810.249\text{Kg}$ , normal y paralela al mástil respectivamente, además las fuerzas de 24996.62 Kg que son ejercidas por los cilindros hidráulicos sobre la cubierta, se establecen las condiciones de contorno, el tipo de material ASTM A36 y un tamaño de mallado del 10%, como se muestra en la Figura 13.



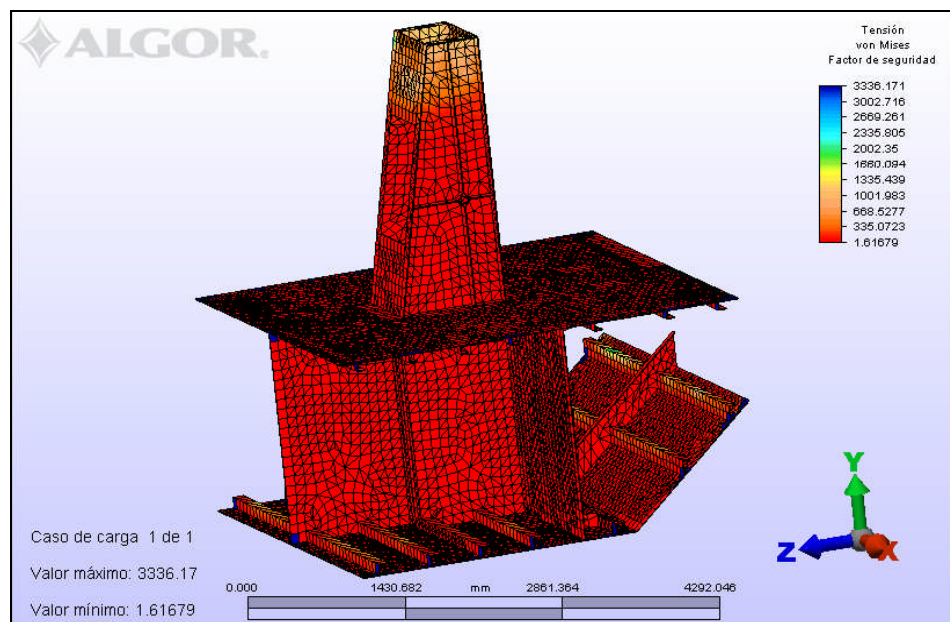
**FIGURA 13.- OPERACIÓN DE MALLADO DE LA UNION BARCAZA-MASTIL**

La distribución de los esfuerzos de Von Mises obtenidos sobre la estructura analizada Figura 14, muestran que la parte estructural que soportara a los cilindros hidráulicos presentan una gran concentración de esfuerzos, alcanzando un esfuerzo máximo de 165.5 MPa.



**FIGURA 14.- TENSION DE VON MISES SOBRE UNION BARCAZA-MASTIL**

Aunque el esfuerzo máximo es significativamente grande, no supera el esfuerzo de fluencia del material, por lo que bajo esta condición de carga no producirá falla en el material, además el mínimo Factor de Seguridad alcanzado por la pluma es de 1.61, que es un valor superior al requerido por la clasificadora, como se muestra en la Figura 15.



**FIGURA 15.- FACTOR DE SEGURIDAD DE LA UNION  
BARCAZA-MASTIL**

Podemos observar que las estructuras representadas por el modelo satisface el factor de seguridad recomendado por el reglamento de la Germanischer Lloyd para artefactos de elevación.

#### 4.11 CALCULO ESTRUCTURAL DE LA BARCAZA

El diseño estructural de la barcaza es una de las partes más importantes del complejo problema del diseño. El propósito que se persigue es asegurar que la integridad estructural de la nave sea mantenida para las cargas a las cuales está sujeta en servicio.

Para el rescate de los buques pesqueros naufragados, la barcaza ha de ser construida con una estructura satisfactoria que le permita la clasificación correspondiente estableciendo y combinando efectivamente los tamaños o escantillones de las diversas partes que componen la estructura, a fin de poder resistir las cargas a las que está sometido el buque-viga, conforme a las actividades que debe realizar.

Siendo esto así, es que acudimos a las Reglas para Construcción y Clasificación de Barcazas de Acero para Servicio Costa-fuera de la American Bureau of Shipping, en lo que concierne a los escantillones de la barcaza.

##### **Calculo del Modulo Seccional**

Los items que están incluidos en el cálculo del Módulo Seccional, previsto que ellos son continuas o desarrollados efectivamente dentro

del 40% de la eslora hacia proa y hacia popa a partir de la sección media, son los que a continuación se enumeran:

- Espesor de planchas de la cubierta resistente.
- Espesor de planchas del fondo interior y del forro.
- Espesor de planchas y refuerzos de mamparos longitudinales
- Todos los refuerzos de cubiertas fondo y costado.

La barcaza al someterse a las reglas de clasificación de la A.B.S. debe tener un módulo seccional y un momento de inercia en la sección media, mayores que los obtenidos por las siguientes fórmulas:

$$SM = f \times B \times (C_b + 0.5)$$

$$I = 0.033 \times SM \times L$$

Donde:

SM : Módulo Seccional, cm<sup>2</sup>.m.

f : Valor determinado de la tablas.

B : Manga, in.

C<sub>b</sub> : Coeficiente bloque, en la línea de agua de verano.

I : Momento de inercia, cm<sup>2</sup>m<sup>2</sup>.

L: Eslora, m.

El módulo seccional y el momento de inercia mínimos de la barcaza, deben ser los que a continuación se presentan:

$$SM : 191.289 \text{ cm}^2\text{m.}$$

$$I : 119.65 \text{ cm}^2\text{m}^2.$$

El cálculo del momento de inercia y el módulo seccional de la sección media de la barcaza es mostrada en el Anexo K, siendo sus resultados los siguientes:

$$SM = 2017.51 \text{ cm}^2\text{m.}$$

$$I = 2010.485 \text{ cm}^2\text{m}^2.$$

### **Planchaje del costado del casco**

El espesor del planchaje del costado en la sección media, será calculado según la siguiente expresión:

$$t = 0.06347 \times L + 0.0075 \times s + 0.5 \quad (mm)$$

Donde:

L: Eslora total.

s: Separación entre refuerzos.

$$t = 7.52mm, \text{ por lo tanto el espesor será de } 5/16''.$$

### **Espesor de planchas del fondo del casco**

El espesor de planchas del fondo en la sección media, será calculado según la siguiente expresión:

$$t = 0.0463 \times L + 0.007 \times s + 2.45 \quad (mm)$$

L: Eslora total.

s: Separación entre refuerzos.

$$t = 6.87mm, \text{ por lo tanto el espesor será de } 5/16''.$$

### **Espesor de planchas del casco en los extremos**

El espesor de planchas del casco en los extremos, será calculado según la siguiente expresión:

$$t = 0.055 \times L + 0.007 \times s + 1.1 \quad (mm)$$

L: Eslora total.

s: Separación entre refuerzos.

$$t = 5.7mm, \text{ por lo tanto el espesor será de } 1/4''.$$

También el planchaje de fondo en los extremos, será calculado según la siguiente expresión:

$$t = 0.0529 \times L + 0.01 \times s + 1.1 \quad (mm)$$

L: Eslora total.

s: Separación entre refuerzos.

$$t = 7.158mm, \text{ por lo tanto el espesor será de } 5/16''.$$

### Espeor de planchas de cubierta

El espeor del planchaje de cubierta en la sección media, será calculado según la siguiente expresión:

$$t = 0.01 \times s + 2.3 \quad (mm)$$

L: Eslora total.

s: Separación entre refuerzos.

$$t = 7.3mm, \text{ por lo tanto el espeor será de } 5/16''.$$

### Baos transversales

Cada baos en asociación con el planchaje al que va unido, tendrá un SM no menor al obtenido por la siguiente expresión:

$$SM = 7.9 \times c \times h \times s \times l^2 \quad (cm^3)$$

c: 1.0, factor estructural.

h: 2.77m, altura proporcional a la carga soportada por la estructura.

s: 0.5m, espaciamento entre refuerzos.

l: 2m, longitud no soportada.

$SM = 43.877cm^3$ , elegimos un Áng.3/8"x3"x3" que cumple con el valor obtenido.



### Cuadernas transversales

Cada cuaderna en asociación con el planchaje al que va unido, tendrá un SM no menor al obtenido por la siguiente expresión:

$$SM = 7.9 \times c \times h \times s \times l^2 \quad (cm^3)$$

c: 1.25, factor estructural.

h: 3.77m, altura proporcional a la carga soportada por la estructura.

s: 0.5m, espaciamiento entre refuerzos.

l: 1.8m, longitud no soportada.

$SM = 60.423cm^3$ , elegimos un Áng.3/8"x3"x3" que cumple con el valor obtenido.

### Varengas transversales

Cada varenga en asociación con el planchaje al que va unido, tendrá un SM no menor al obtenido por la siguiente expresión:

$$SM = 7.9 \times c \times h \times s \times l^2 \quad (cm^3)$$

c: 1.25, factor estructural.

h: 4.77m, altura proporcional a la carga soportada por la estructura.

s: 0.5m, espaciamiento entre refuerzos.

l: 2.0m, longitud no soportada.

$SM = 60.423cm^3$  , elegimos un Áng.5/16"x4"x4" que cumple con el valor obtenido.

### **Esloras**

Cada eslora en asociación con el planchaje al que va unido, tendrá un SM no menor al obtenido por la siguiente expresión:

$$SM = 4.74 \times c \times h \times s \times l^2 \quad (cm^3)$$

c: 1.5, factor estructural.

h: 2.77m, altura proporcional a la carga soportada por la estructura.

s: 2.0m, espaciamiento entre refuerzos.

l: 2.0m, longitud no soportada.

$SM = 157.956cm^3$  , elegimos un L 5/16"x8"x3" que cumple con el valor obtenido.

### **Vagras**

Cada vagra en asociación con el planchaje al que va unido, tendrá un SM no menor al obtenido por la siguiente expresión:

$$SM = 4.74 \times c \times h \times s \times l^2 \quad (cm^3)$$

c: 1.5, factor estructural.

h: 4.77m, altura proporcional a la carga soportada por la estructura.

s: 2.0m, espaciamiento entre refuerzos.

l: 2.0m, longitud no soportada.

$SM = 271.716cm^3$ , elegimos un L 3/8"x10"x3" que cumple con el valor obtenido.

### **Baos transversales especiales**

Cada baos especial en asociación con el planchaje al que va unido, tendrá un SM no menor al obtenido por la siguiente expresión:

$$SM = 7.9 \times c \times h \times s \times l^2 \quad (cm^3)$$

c: 1.0, factor estructural.

h: 43.042m, altura proporcional a la carga soportada por la estructura.

s: 0.5m, espaciamiento entre refuerzos.

l: 1.0m, longitud no soportada.

$SM = 170.01cm^3$ , elegimos un Áng.3/8"x6"x6" que cumple con el valor obtenido.

### **Cuadernas transversales especiales**

Cada cuaderna especial en asociación con el planchaje al que va unido, tendrá un SM no menor al obtenido por la siguiente expresión:

$$SM = 7.9 \times c \times h \times s \times l^2 \quad (cm^3)$$

c: 1.25, factor estructural.

h: 43.042m, altura proporcional a la carga soportada por la estructura.

s: 0.5m, espaciamiento entre refuerzos.

l: 1.0m, longitud no soportada.

$SM = 217.457cm^3$ , elegimos un Áng.3/8"x6"x6" que cumple con el valor obtenido.

### Varengas transversales especiales

Cada varenga especial en asociación con el planchaje al que va unido, tendrá un SM no menor al obtenido por la siguiente expresión:

$$SM = 7.9 \times c \times h \times s \times l^2 \quad (cm^3)$$

c: 1.25, factor estructural.

h: 44m, altura proporcional a la carga soportada por la estructura.

s: 0.5m, espaciamiento entre refuerzos.

l: 1.0m, longitud no soportada.

$SM = 222.395cm^3$ , elegimos un Áng.3/8"x6"x6" que cumple con el valor obtenido.

## Mamparos

El espesor del planchaje de mamparos, será calculado según la siguiente expresión:

$$t = 0.05 \times L + 3.81 \quad (mm)$$

L: Eslora total.

s: Separación entre refuerzos.

$$t = 4.81mm, \text{ por lo tanto el espesor será de } 1/4''.$$

## Refuerzos de mamparo

Cada refuerzo de mamparo en asociación con el planchaje al que va unido, tendrá un SM no menor al obtenido por la siguiente expresión:

$$SM = 7.9 \times c \times s \times l^2 \quad (cm^3)$$

c: 0.46, factor estructural.

s: 0.5m, espaciamiento entre refuerzos.

l: 2.0m, longitud no soportada.

$$SM = 7.268cm^3, \text{ elegimos un Pt } 1/4'' \times 3'' \text{ que cumple con el valor obtenido.}$$

## Puntales

La carga permisible de un puntal debe ser obtenido por la siguiente expresión:

$$W_a = 1.07 \times b \times h \times s \quad (Tm)$$

b: 2, longitud no soportada

h: 2, altura del refuerzo.

s: 2, espaciamiento entre refuerzos.

$W_a = 8.56Tm$ , elegimos un Tub.SCH80x3" con una carga permisible que ha sido calculada por la siguiente expresión:

$$W_a = \left[ 1.232 - 0.00452 \times \left( \frac{l}{r} \right) \right] \times A \quad (Tm)$$

l: longitud no soportada.

r: relación de esbeltez.

A: área de la sección transversal.

$$W_a = 11.205Tm$$

### Escantillonado final

El diseño de nuestra barcaza posee los escantillones adecuados para cumplir con los requerimientos de la A.B.S.

En el Plano de Estructuras de la Barcaza mostrado en el Anexo J, se presentan las configuraciones de mamparos, cuadernas y estructuras del costado, el fondo y la cubierta, la proa y la popa.

En la Cuadro N°10 se presenta una lista con las características de los diferentes materiales utilizados en la construcción de la barcaza.

**CUADRO N°10**  
**LISTA DE MATERIALES**

Denominación	Medidas
Planchaje fondo	PI 5/16"
Planchaje costado	PI 5/16"
Esloras	L 5/16"x8"x3"
Cuadernas	Áng.3/8"x3"x3"
Varengas	Áng.5/16"x4"x4"
Baos	Áng.3/8"x3"x3"
Vagras	L 3/8"x10"x3"
Mamparos	PI 1/4"
Refuerzos mamparos	Pt 1/4"x3"
Planchaje cubierta	PI 5/16"
Baos especiales	Áng.3/8"x6"x6"
Cuadernas especiales	Áng.3/8"x6"x6"
Varengas especiales	Áng.3/8"x6"x6"
Puntales	Tub.SCH80x3"

**Fuente:** Elaborado por el auto

## **CAPÍTULO V**

### **EVALUACION DE COSTOS Y**

### **PLANIFICACION**

#### **5.1 ESTIMACION DEL COSTO DE CONSTRUCCION DE LA EMBARCACION**

La embarcación está constituida por el casco de la barcaza, el arreglo mástil-pluma de carga, el winche, las bombas de lastre-deslastre, el equipo de fondeo y amarre y equipos varios como: fuentes de poder, alumbrado, sistemas de achique, sistema eléctrico, equipos de salvamento, equipos contra incendios luces de navegación, etc.



### 5.1.1 COSTO DEL CASCO

El casco de la barcaza está conformado por planchas y refuerzos de acero y la correspondiente soldadura que une las planchas entre si, y que liga los refuerzos a las planchas como se indica a continuación.

Plancha de acero	23317.67kg
Refuerzos de acero	11385.44kg
Longitud de unión entre planchas	560m
Longitud de unión planchas-refuerzos	575m

Para la unión de planchas entre sí utilizamos 3 cordones de soldadura con electrodos clasificados AWS 6011 y AWS 7018 de 5/32" que producen 1.33 m/kg de recorrido de soldadura, y para la unión con electrodos de 5/32" que producen 2 m/kg de recorrido de soldadura. Por lo tanto se ha utilizado:

Soldadura entre planchas	: 420 kg
Soldadura de planchas-refuerzos	: 287 kg
Peso total de soldadura	: 707 kg

El pago de la mano de obra está basado en la cantidad de kilogramos trabajados, lo que incluye el trabajo de calderería y soldadura, el costo por kilogramo trabajado es de 3 s/. /kg.

El desglose del costo del casco de la barcaza se muestra en el Cuadro N°12, el cual es de S/.202690.76.

**CUADRO N°12**  
**COSTO DEL CASCO DE LA BARCAZA**

Elemento	s./kg	Kg	Precio (s/.)
Plancha	0.929	23317.67	21662.11
Refuerzos	0.94	113858.44	107026.93
Mano/obra	2	34703.11	69406.22
Soldadura	6.5	707	4595.5
<b>Costo Total</b>			<b>202690.76</b>

**Fuente:** Elaborado por el autor

#### 4.1.2 COSTO DEL ARREGLO MASTIL-PLUMA

El arreglo mástil-pluma está constituido por la pluma de carga, el mástil, el cable de acero y las poleas.

**Pluma de carga.** La pluma de carga está confirmada planchas de espesores entre 1" y 3/8", por lo que los trabajos de calderería significaran un mayor trabajo asimismo por ser la pluma de carga básicamente una viga tipo cajón su ensamble será de mayor dificultad, así como también para los trabajos de soldadura.

La soldadura ha sido realizada con electrodo clasificado AWS 7018, con el fin de asegurar su rendimiento, se utilizarán tres cordones de soldadura que producen 1.5m/kg de recorrido de soldadura.

### CUADRO N°13

#### COSTO DE LA PLUMA DE CARGA

Elemento	s./kg	Kg	Precio (s/.)
Planchas y estructuras	0.934	2949.52	2754.85
Soldadura	6.5	113	813.6
Mano/obra	3	2949.52	8848.56
		<b>Costo Total</b>	12417.01

**Fuente:** Elaborado por el autor

**Mástil de carga:** el mástil está conformado en su mayoría por planchas de 3/8" de espesor, las cuales han de ser soldadas utilizando tres cordones de soldadura con electrodos clasificados AWS 7018 de 5/32", que producen 0.92 m/kg de recorrido de soldadura, eso debido a que su aplicación es en forma ascendente.

**CUADRO N°14**  
**COSTO DEL MASTIL DE CARGA**

<b>Elemento</b>	<b>s./kg</b>	<b>Kg</b>	<b>Precio (s/.)</b>
Planchas y estructuras	0.934	12921.659	12068.82
Soldadura	6.5	131	851.5
Mano/obra	3	1292.659	3877.977
<b>Costo Total</b>			<b>16798.297</b>

**Fuente:** Elaborado por el autor

**Cable de acero:** utilizamos cable de acero galvanizado 6\*19 con alma de acero de 28.6mm de diámetro con un costo de 5.8 s./kg, capaz de soportar la máxima carga de trabajo, como se muestra en el Anexo L

El precio total del cable necesario para una maniobra cómoda es S/.966.28.

**Poleas:** empleamos poleas de 570mm de diámetro, que ha sido calculado de acuerdo al diámetro, al modelo y al diámetro del cable usado, como se muestra en el Anexo L.

El precio total de las poleas es s/.347.4 incluido el precio de los rodamientos.

**Cilindros Hidráulicos:** empleamos 2 cilindros hidráulicos que son capaces de ubicar y soportar la pluma de carga durante las operaciones de rescate como se muestra en el Anexo L, y tienen un costo de s/.4125.0

El costo total del arreglo mástil-pluma de carga está constituido por los precios de la pluma, el mástil, las poleas, el cable y cilindros hidráulicos se muestra en el Cuadro N°15.

### CUADRO N°15

#### COSTO DEL ARREGLO MASTIL-PLUMA

Elemento	Precio (s/.)
Pluma	12417.01
Mástil	16798.297
Poleas	347.4
Cable	966.28
Cilindros H.	4125.0
<b>Total</b>	<b>34653.987</b>

Fuente: Elaborado por el autor

### **4.1.3 COSTO DEL WINCHE**

El valor del winche está en función de la potencia que posee, y ella es obtenida en base a la velocidad para cobrar el cable y la fuerza de tracción a ejercer, como se muestra en el Anexo L.

Ya que debemos realizar dos funciones, cobrar el cable que a través de la pluma va hacia la carga. El costo total del winche, su costo e instalación es de S/.11738.7

### **4.1.4 PRECIO DE LA BOMBA DE LASTRE-DESLASTRE**

Para el lastre y deslastre de los tanques utilizamos una bomba que cumpla las dos funciones.

La bomba de lastre a elegir debe ser capaz de embarcar el lastre necesario para eliminar el asentamiento de la embarcación en el tiempo mínimo de duración de la maniobra y en la eventualidad de abortar la maniobra de rescate, de deslastre la embarcación con igual rapidez, además debe mantener el flujo volumétrico necesario, a pesar de tener que arrastrar algún sedimento en suspensión, presente en el agua de lastre a succionar.

La bomba que nos conviene emplear es una centrífuga, ya que este tipo de bomba funciona perfectamente en la doble función de lastrar y deslastrar, soportando el arrastre de cantidades importantes de sedimento. La forma de accionarla es eléctricamente a través del generador eléctrico, siendo la potencia necesaria la determinada en el Anexo L.

Una bomba con las características que hemos señalado anteriormente tiene un costo de S/.2833.5, incluido el costo de instalación.

#### **4.1.5 COSTO TOTAL PRESUPUESTADO DE LA EMBARCACION**

El precio aproximado de construcción de la barcaza con arreglo pluma-mástil para recuperar buques pesqueros naufragados se muestra a continuación en el siguiente cuadro.

**CUADRO N°16**

**RESUMEN DE COSTOS PRESUPUESTADO**

DESCRIPCIÓN	MANO DE OBRA		MATER.	TOTAL
	H/H	COSTO		
Servicios	600	3700	1500	5200
Diseño	860	8500	950	9450
Galibos y Cama Constr.	300	1500	5200	6700
Casco	1000	4500	202690.76	207190.76
Arreglo pluma-mastil	800	3500	34653.987	38153.987
Accesorios	500	2500	4200	6700
Sistema de Achique	450	2950	3920	6870
Sist. Electri. Electro.	320	1500	1340	2840
Habitab. y Equipamiento	320	3200	2100	5300
Pintura y Protec. Catod.	800	800	1680	2480
Varada y Desvarada	350	250	350	600
Pruebas	860	3100	1900	5000
<b>TOTALES</b>	<b>6260</b>	<b>36000</b>	<b>256359.74</b>	<b>296484.74</b>

Fuente: Elaborado por el autor

Mas Imprevistos de un 5%	14824.237
Utilidad 10%	29648.474
Seguro 4%	11859.39
Costo Total (s/.)	352816.841



Finalmente podemos concluir que el precio del remolcador, construido en Astilleros Navales Peruanos, ascenderá a s/.352816.841.

## 4.2 FINANCIAMIENTO

El plan de Financiamiento es una de las partes más importantes de todo proyecto, y es de vital importancia para la optimización de los recursos financieros disponibles.

Para obtener una fuente de financiamiento acorde a nuestras expectativas, se hace un acercamiento a las fuentes de financiamiento más comunes, reconociendo que existe una preferencia notable hacia el endeudamiento bancario, debido a que tienen la mayor capacidad de préstamo de acuerdo y proporcionan la mayoría de los servicios que el desarrollo de un proyecto requiera. Por tal motivo, la elección de uno en particular merece un examen cuidadoso, se debe estar seguro de que el banco podrá auxiliar a la empresa a satisfacer las necesidades de efectivo a corto plazo que ésta tenga y en el momento en que se presente. Así mismo el banco debe ser flexible en sus condiciones, habrá más probabilidades de negociar un préstamo que se ajuste a las necesidades del armador.

Los aspectos más importantes a tomar en consideración son el plazo, el periodo de gracia que va depender de la naturaleza del proyecto, las formas de pago y la tasa de interés.

Buscando entre las entidades financieras del medio se ha podido reconocer a las siguientes entidades como posibles fuentes de financiamiento.

Banco de Crédito del Perú: ofrece financiamientos a largo plazo, tanto con recursos propios como con líneas de crédito captadas de terceros, siendo las tasas de interés del 19.5% y 23.75% en moneda nacional y extranjera respectivamente.

HSBC Perú: ofrece financiamientos largo plazo, estructurados de acuerdo a la capacidad de pago, siendo las tasas de interés del 24% para moneda nacional y extranjera.

BBVA Perú: ofrece financiamientos a largo plazo, con formas de pago en base a sus flujos proyectados, siendo las tasas de interés del 29% y 19% en moneda nacional y extranjera respectivamente.

Finalmente elegimos el Banco de Crédito del Perú, porque ofrece una tasa de interés baja, que permite trazar un plan mas factible para pagar el préstamo, diferenciándola de las otras entidades financieras

mencionadas que básicamente ofrecen las mismas facilidades de financiamiento.

### **4.3 PLANIFICACIÓN**

En el proyecto de construcción se debe contar con procesos adecuados de planificación, ejecución y control de las actividades y eventos que definan las clases en las que se ha clasificado el desarrollo del trabajo.

En la etapa de planificación del proyecto es importante cuantificar y calificar los recursos a ser utilizados durante la construcción, de manera que pueda tener alternativas ante situaciones como escasez de personal, falta de material, variación en la fecha de entrega, modificaciones de diseño, etc. Lo cual implicaría una modificación directa en los factores de tiempo y costos, por tal motivo es importante reconocer el sistema integrado de programación general Figura 16, que va desde la base de su organización hasta los procesos administrativos que comprenden compras de equipos, materiales, insumos, suministros, alquileres, planchas de acero y otros.

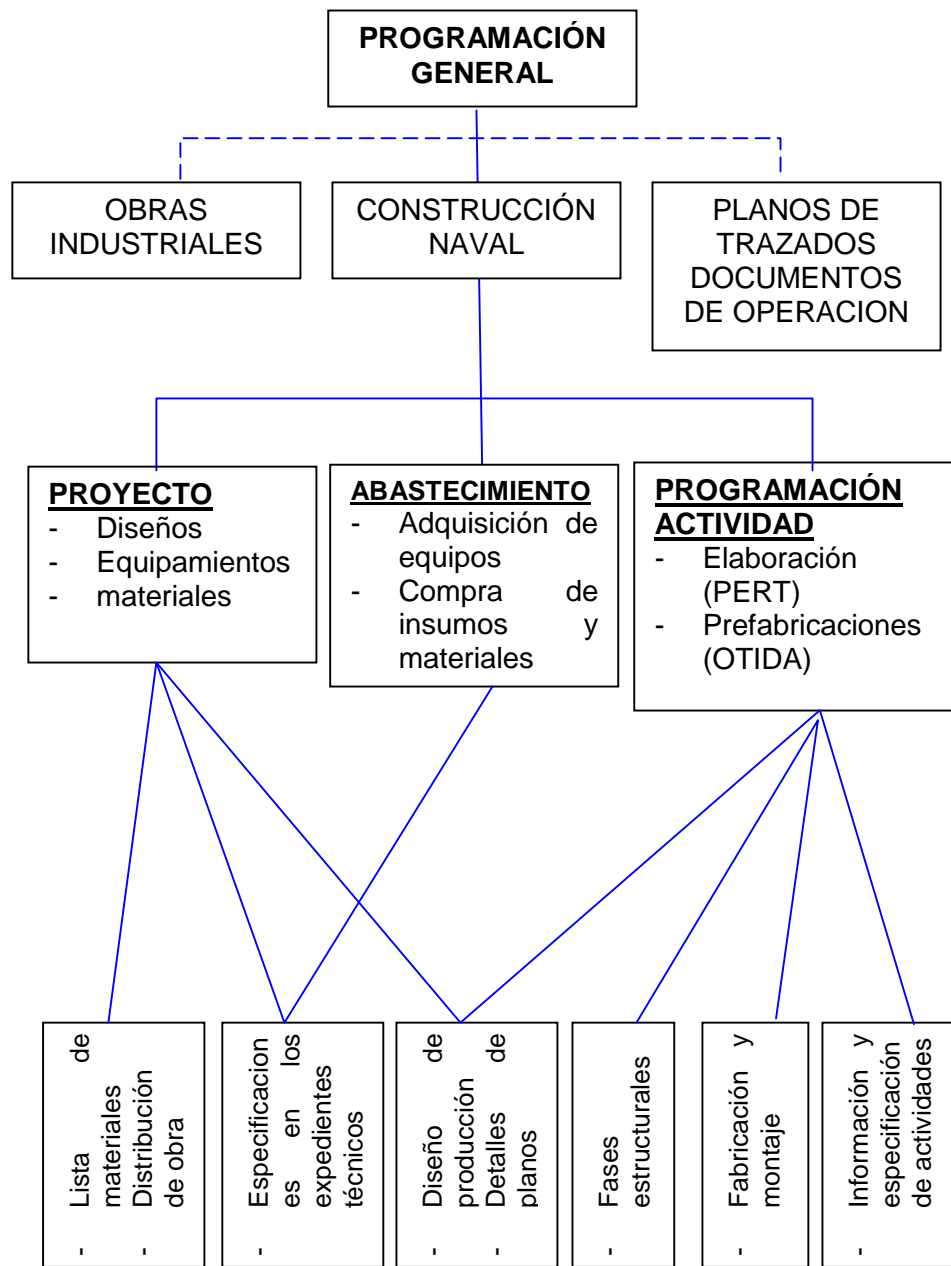


FIGURA 16.- SISTEMA INTEGRADO DE PROGRAMACION GENERAL

Se elaboró un cronograma de trabajo con cada una de las actividades que se desarrollarán durante la construcción, en donde podemos observar que el proyecto se desarrollara durante tres meses aproximadamente.

Para la adquisición de materiales se ha iniciado los trámites con un

mes antes del comienzo del proyecto, de tal manera que estén disponibles en almacén antes de que se comience la construcción de la barcaza.

Los trabajos de habitabilidad y equipamiento será subcontratada, debido a que generalmente los astilleros del medio no realizan esos trabajos, finalizando cuando se realicen las pruebas de muelle y mar. A continuación se presenta el cronograma de actividades para la construcción de la embarcación:

**CUADRO N°11**

**CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES PARA LA CONSTRUCCIÓN**

Descripción	Primer Mes				Segundo Mes				Tercer Mes			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1 Inicio del Proyecto	○											
2 Adquisición de Materiales	■	■	■	■	■	■	■	■				
3 Corte y montaje de quilla y cuadernas	■	■										
4 Corte y montaje del casco			■	■	■							
5 Preparación y montaje del mástil					■	■						
6 Preparación y montaje de la cubierta						■	■					
7 Preparación y prueba de Tanques							■					
8 Preparación y montaje de la pluma								■	■			
9 Prep. de Base e instalación de Maquinas									■			
10 Instalación de Sistemas										■		
11 Pintura											■	
12 Fin del proyecto												○

**Fuente:** Elaborado por el autor

## CONCLUSIONES

Generales:

1. Se ha logrado desarrollar el Diseño de una barcaza con arreglo de arboladura, que pueda realizar las operaciones de rescate de embarcaciones pesqueras naufragadas, con una capacidad superior a cualquier embarcación dedicada a estas operaciones, satisfaciendo las necesidades de nuestro medio.
2. El estudio nos ha permitido visualizar un diseño de barcaza, contribuyendo así, con la ingeniería naval peruana y la juventud estudiosa, a resolver problemas de servicios en casos de naufragios de naves pesqueras menores.

Específicos:

3. Se logro diseñar una barcaza según las normas de la Germanischer Lloyd, con la suficiente capacidad y estabilidad para realizar las operaciones de rescate.
4. Se obtuvo un arreglo de arreglo de arboladura que satisface las normas de las Germanischer Lloyd para artefactos de elevación y que fue optimizado con el software para análisis estructural.
5. La evaluación de costos y planificación nos permite establecer las actividades de construcción y obtener un valor aproximado del costo de construcción, facilitando el desarrollo del análisis financiero necesario para la realización de este proyecto.

## RECOMENDACIONES

1. Es preciso que el buque naufragado se encuentre libre del sedimento del fondo, para la mejor utilización de la barcaza, por ella se recomienda que el rescate se efectúe lo más pronto posible luego del naufragio.
2. En el caso de que el pesquero naufragado se encuentre sumergido en el fondo del océano, se hace necesaria la realización de trabajos de dragado que posibiliten a utilidad de la barcaza.
3. Nuestra barcaza para la recuperación de buques pesqueros naufragados tiene una utilidad que debe limitarse a las condiciones presentadas en el Cuadro N°5.
4. La barcaza en el momento de la maniobra de rescate debe encontrarse con la línea de crujía cortando las olas a noventa grados, lo que la garantiza la estabilidad inicial positiva. Lo que supone que han de realizarse labores de ayuda para confirmar que la línea de



crujía del pesquero naufragado, al acercarse a la superficie, se encuentre a noventa grados de la línea respectiva de la barcaza.

5. La maniobra de rescate ha de efectuarse siempre, con tal velocidad, que no existan cambios bruscos de tensión en los cables, y que se permita la utilización eficiente de las bombas de lastrado y deslastrado, de tal manera que la barcaza presente el mínimo asentamiento posible.
  
6. El mástil se ha construido con la configuración elegida, para permitir solamente la presencia de momentos flectores y evitar torques que hubiera hecho necesario el aumento de las áreas seccionales del mástil, y así cumplir con los factores de seguridad mínimos establecidos.

## BIBLIOGRAFIA

### TEXTOS:

1. AMERICAN BUREAU OF SHIPPING, Rules for Building and Classing Steel Barges for Offshore Service, A.B.S., New York. 1983.
2. BHATTACHARAYA, R. Dynamics of Marine Vehicles, Wiley & Sons, New York, 1986.
3. D'ARCANGELU A., Ship Design and Construction, the Society of Naval Architects and Marine Engineers, New York. 1989.
4. DIAZ C., Teoría del Buque, Escuela Oficial de Náutica de Barcelona, 1975.
5. MANDELLI A., Elementos de Arquitectura Naval, Editorial Alsina, Buenos Aires, 1960.
6. TAYLOR G., Ingeniería Económica, Editorial Limusa, México, 1980.

7. EDWARD J., Diseño de Ingeniería Mecánica, McGraw Hill, 1990.
8. GERMANISCHER LLOYD, Regulations for the Construction and Survey of Lifting Appliances, 1983.
9. FAO, Documentos Técnicos de Pesca, Roma, 1983.
10. ERNST H., Aparatos de Elevación y Transporte, Editorial Blume, 1970.
11. OBREGON V, La Crisis de la Industria Naval en el Contexto Macroeconómico Peruano, Lima, 2003.

**CATALOGOS:**

12. PULL MASTER, Hydraulic Winch, Canada, 2008.
13. LASER, Hydraulic Cylinders Manufactured, España, 2008.

**WEBS:**

14. <http://www.gl-group.com/en/index.php>

15. <http://www.algor.com/>

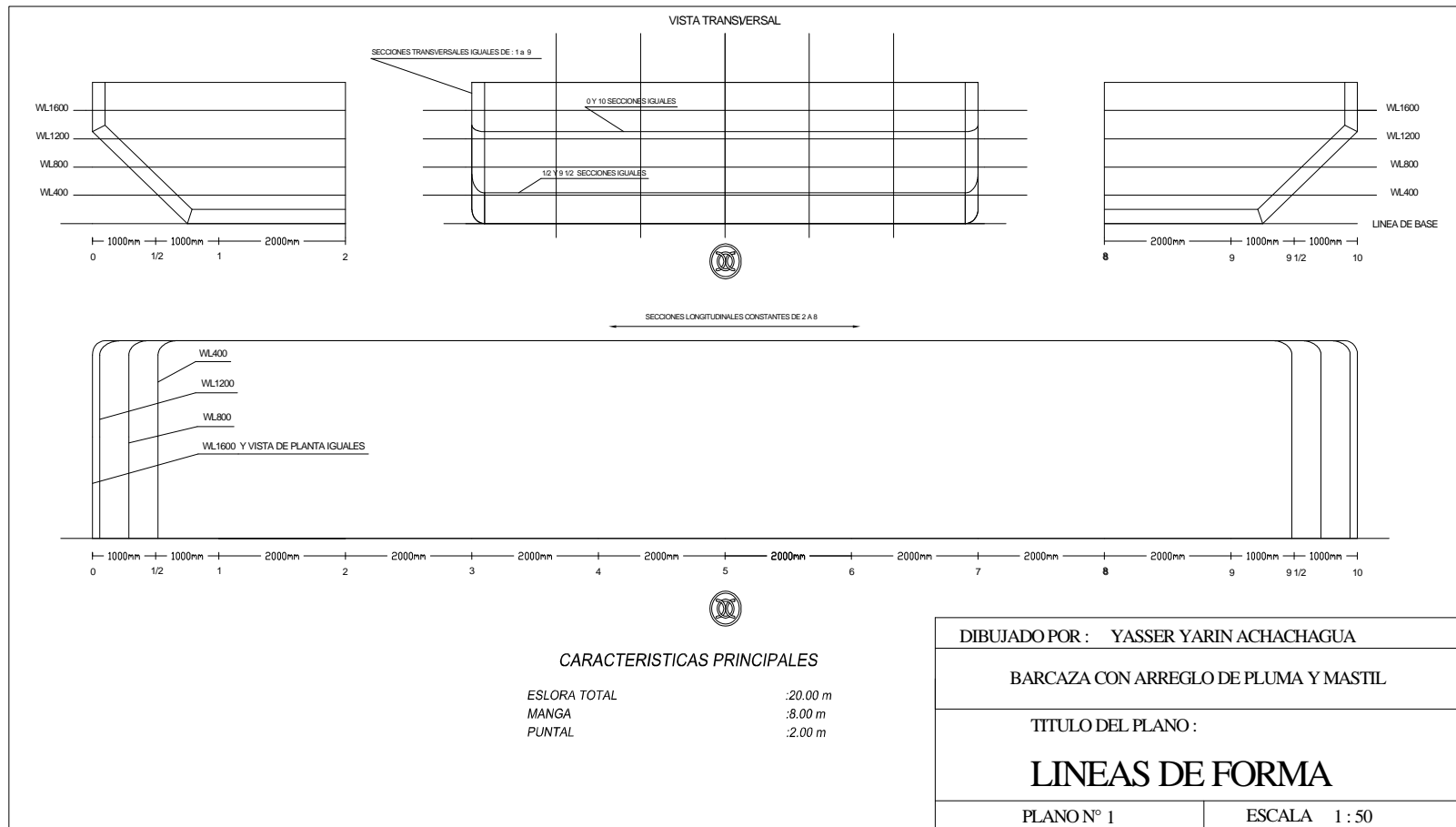
16. <http://www.team-twg.com/es/pullmaster/default.htm>

17. <http://www.nafems.org/publications/benchmark/>

## **ANEXO**

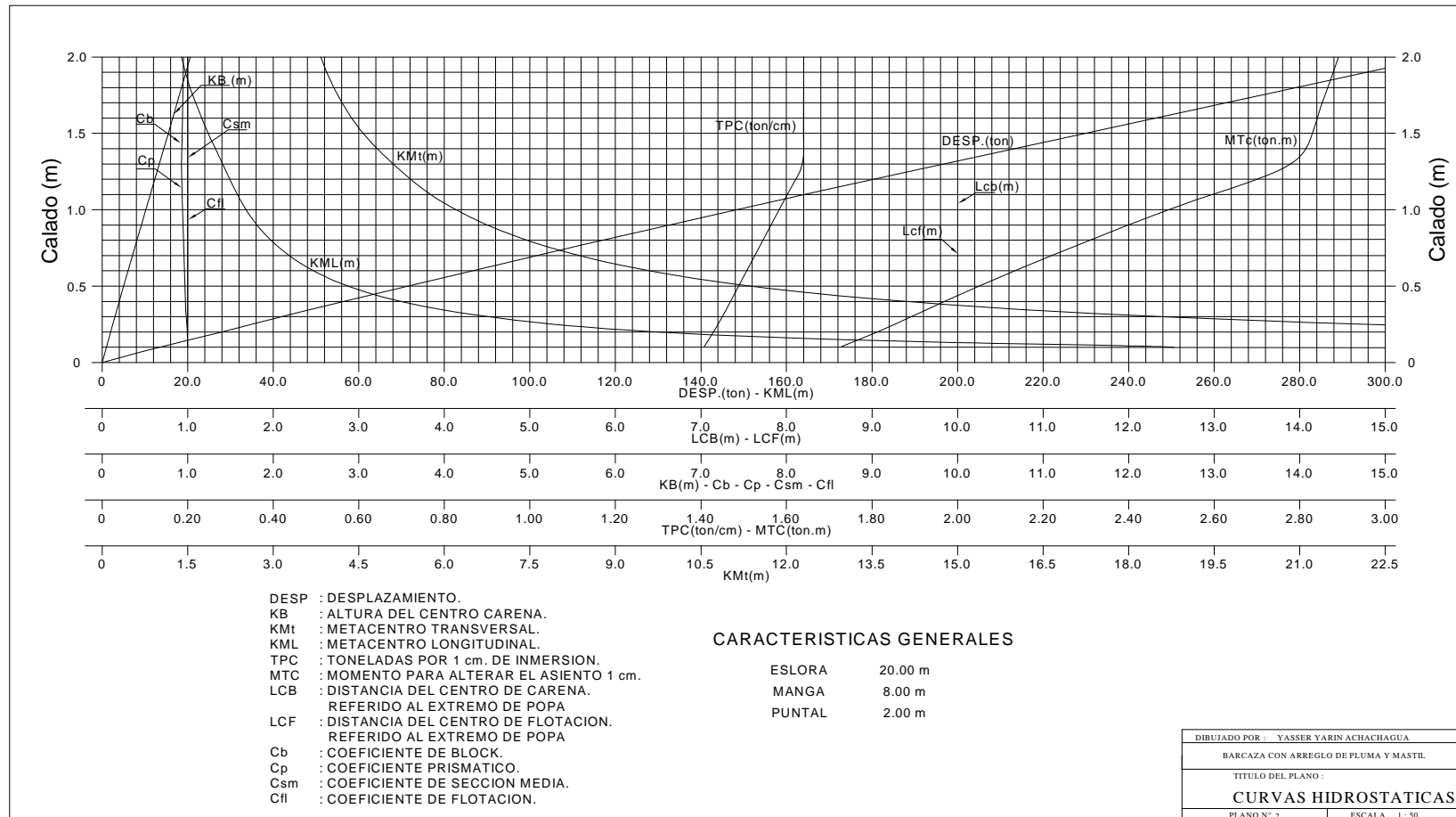
## ANEXO A

### PLANO DE LINEAS DE FORMA

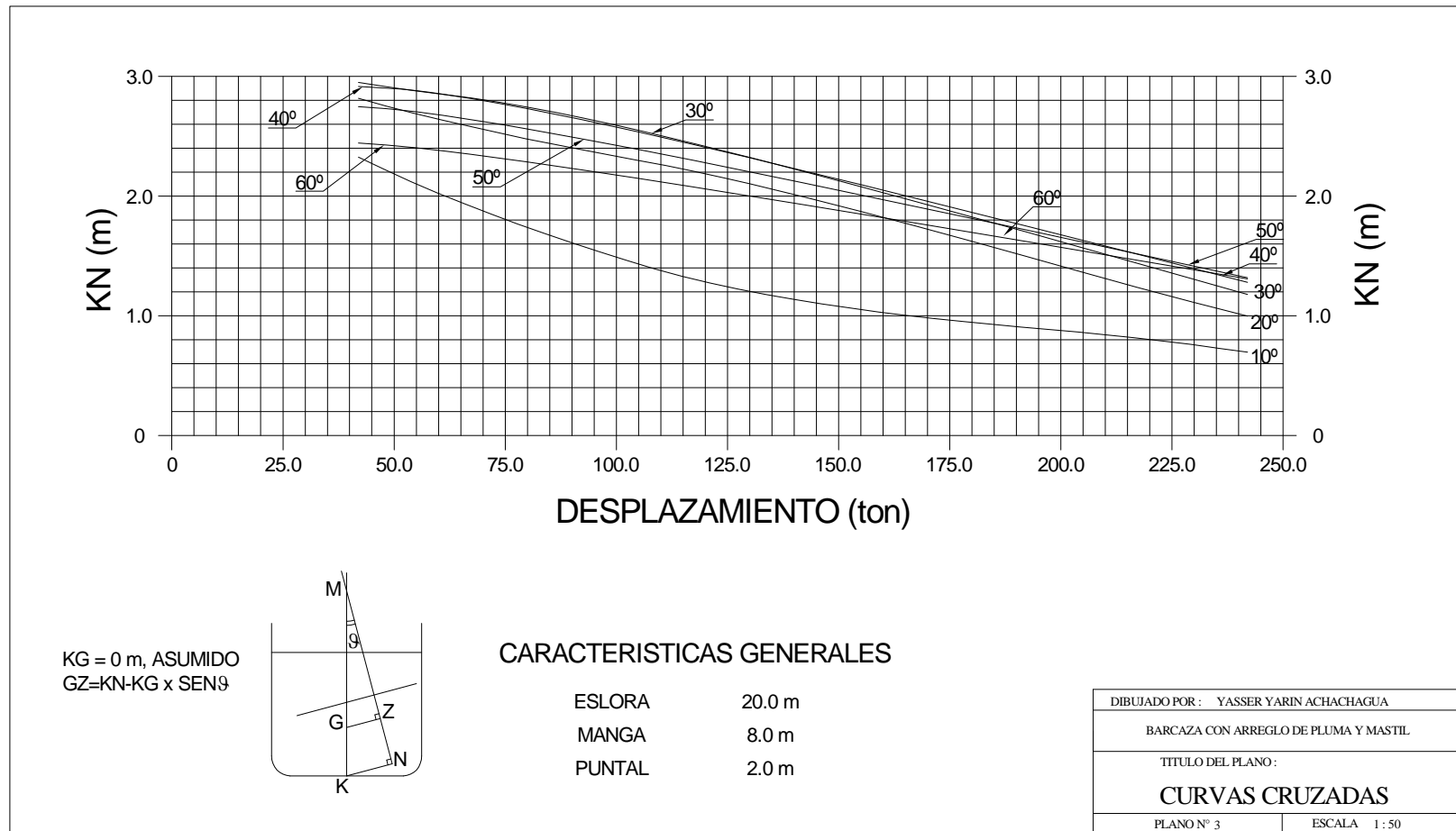


ANEXO B

PLANO DE CURVAS HIDROSTÁTICAS



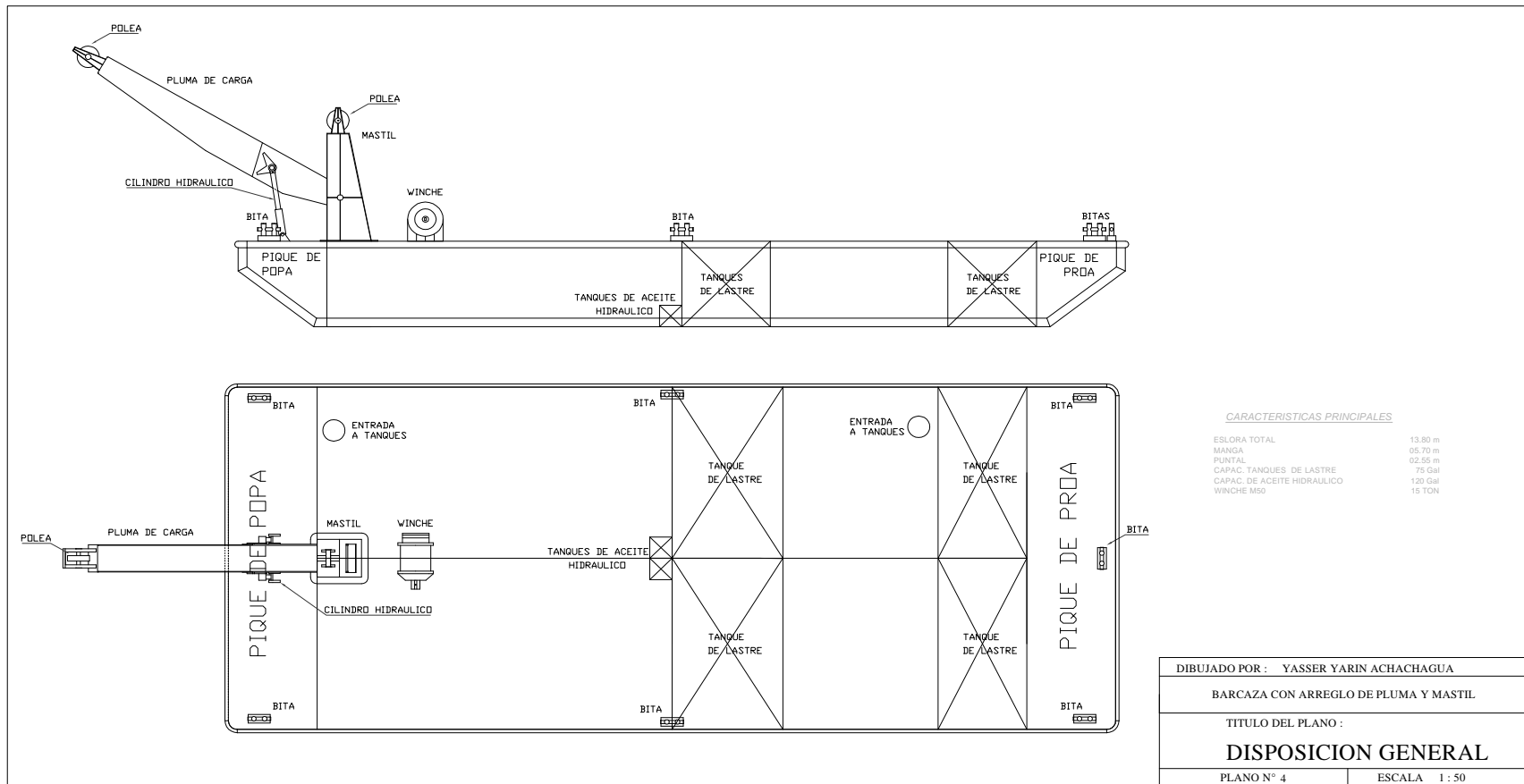
**ANEXO C**  
**PLANO DE CURVAS CRUZADAS**





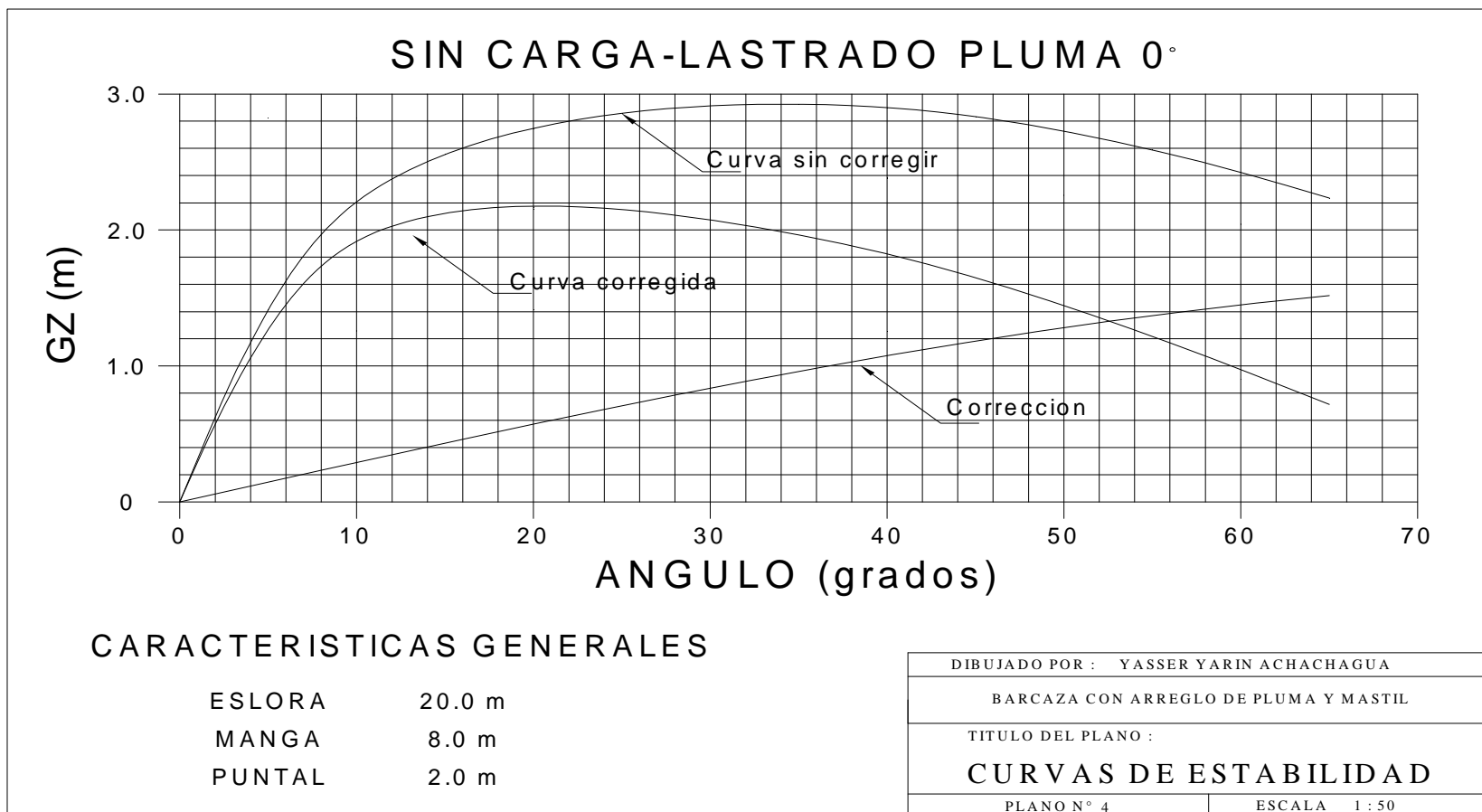
ANEXO D

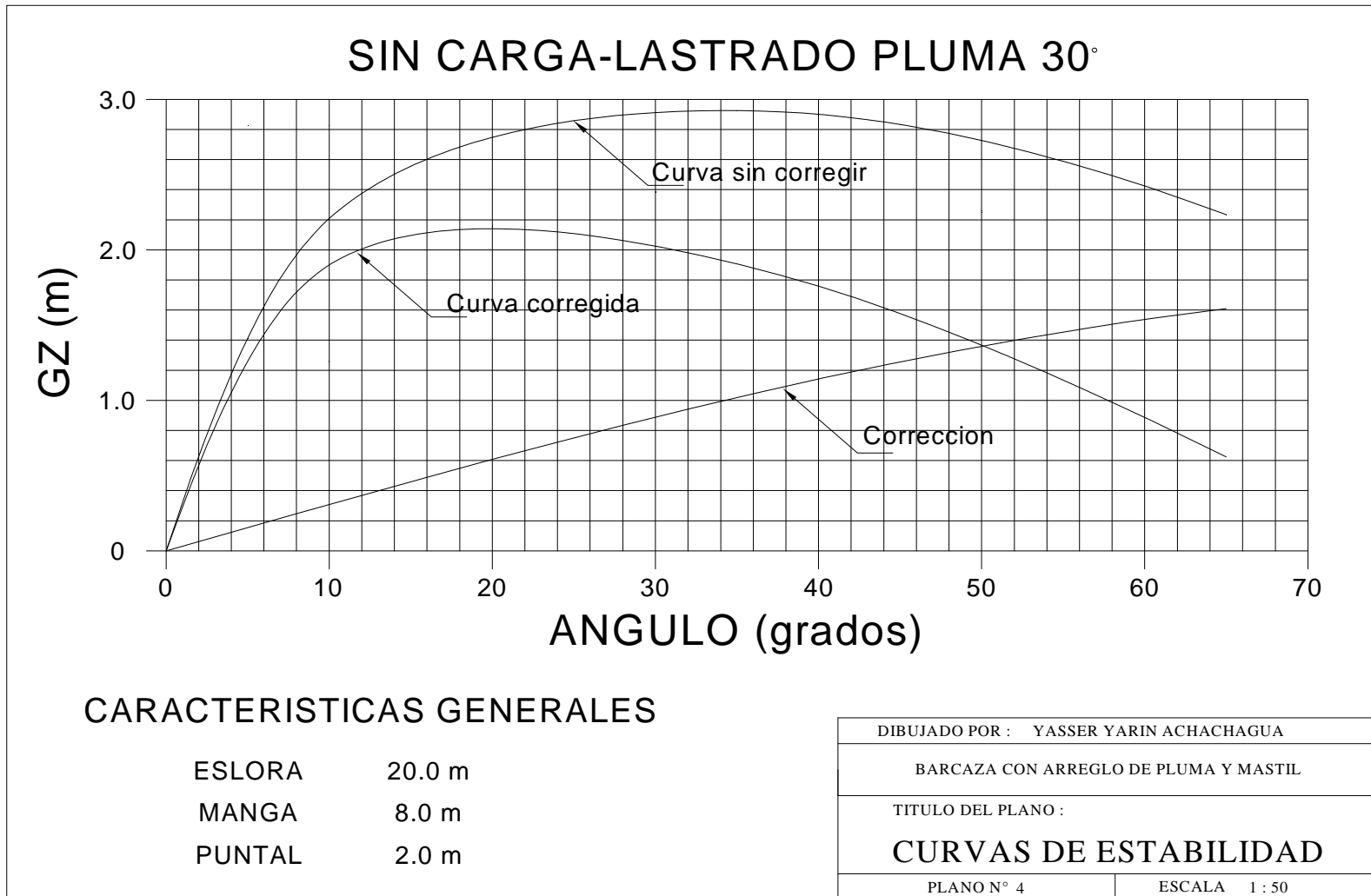
PLANO DE DISPOSICIÓN GENERAL

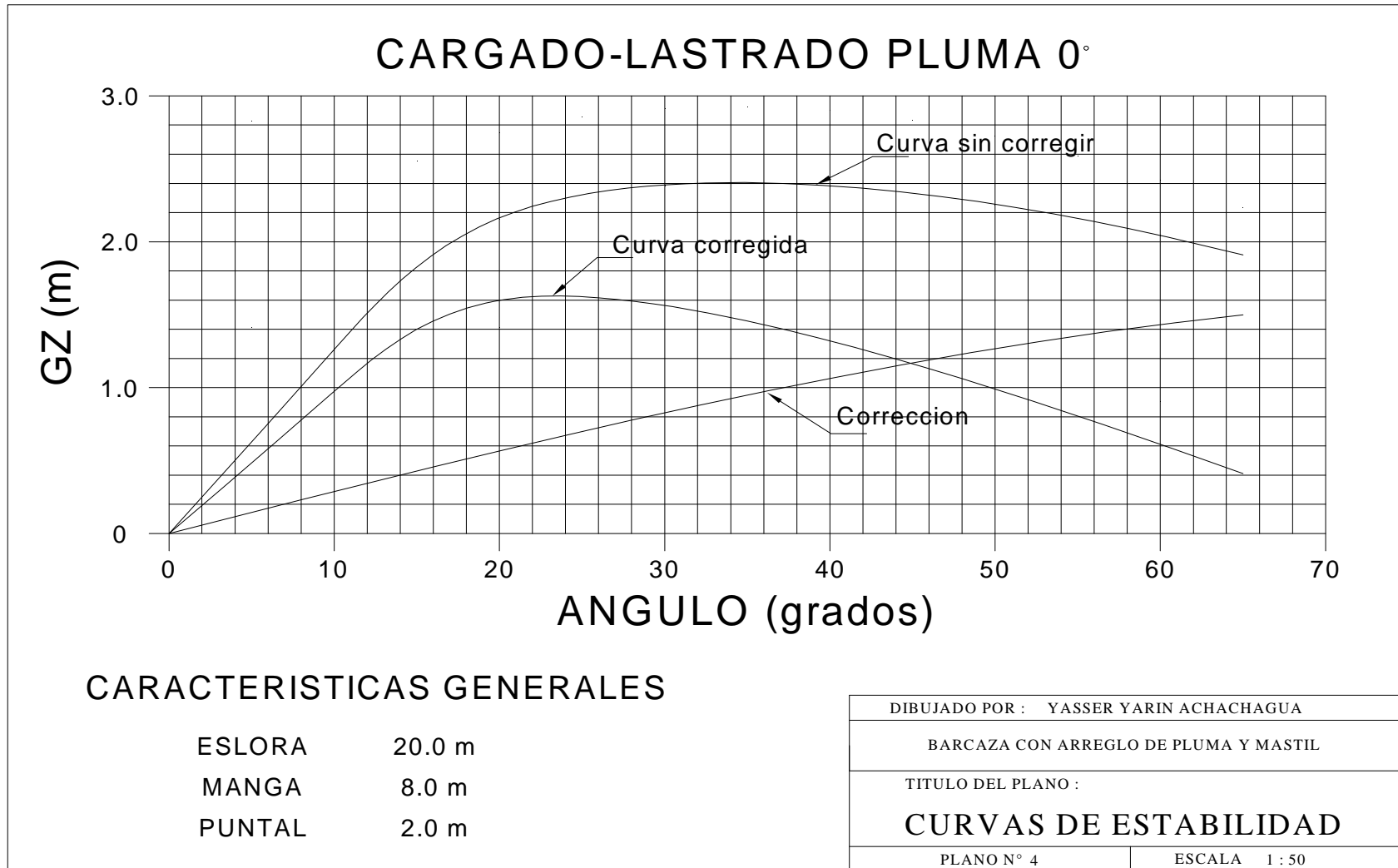


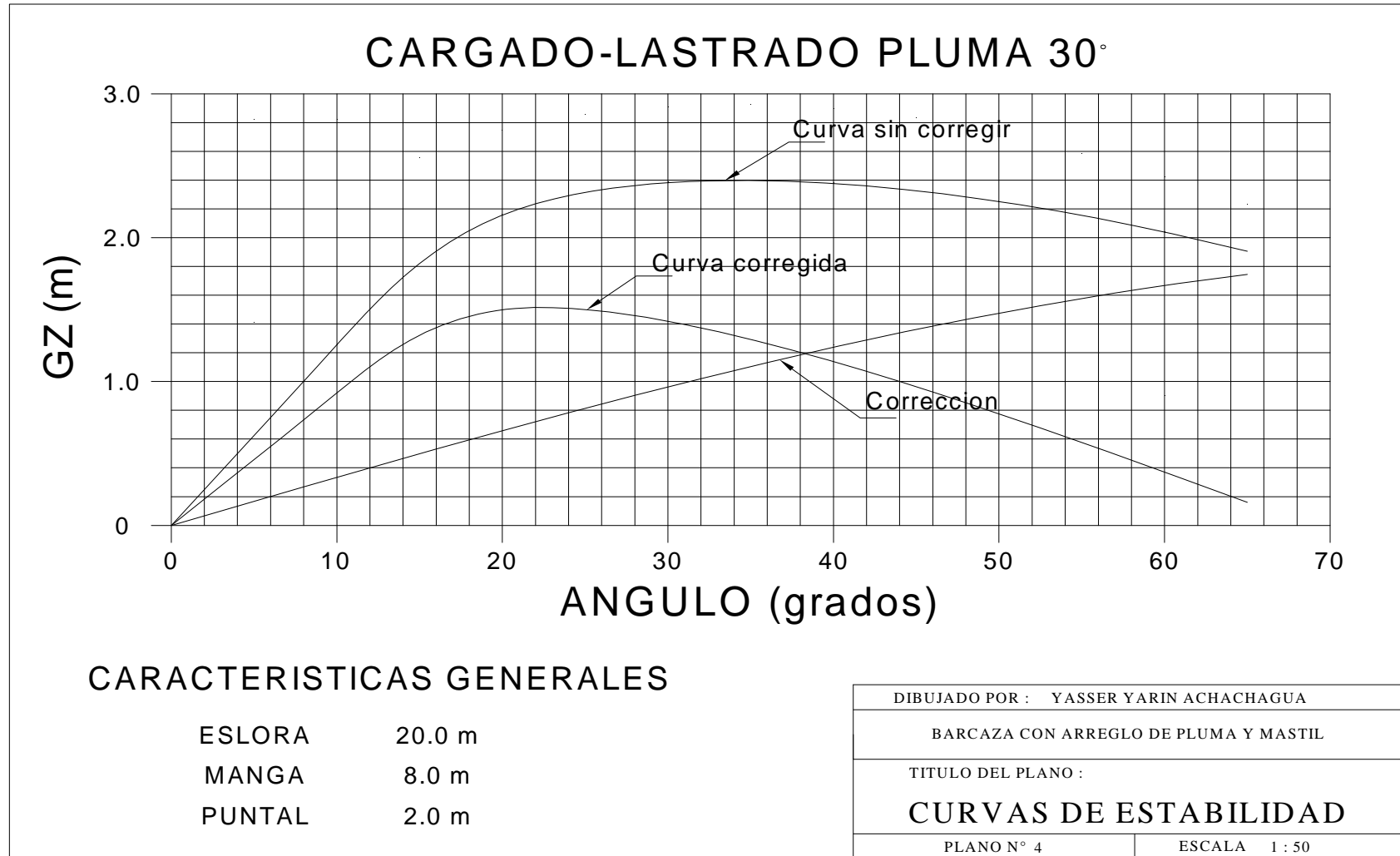
**ANEXO E**

**PLANO DE CURVAS DE ESTABILIDAD ESTATICA**





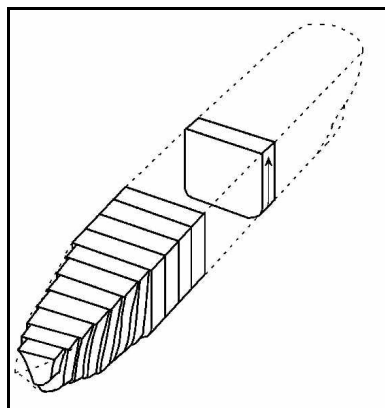




## ANEXO F

### Teoría de la rebanada

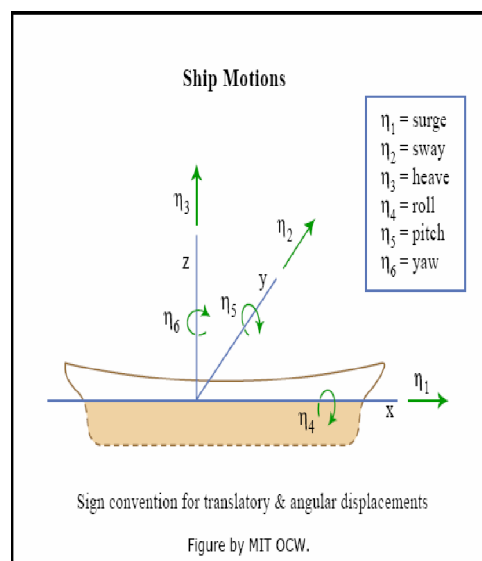
La respuesta de un barco moviéndose en un fluido que a su vez contiene el efecto del oleaje es un fenómeno muy complejo, pues contiene la interacción entre la dinámica del barco, la hidrodinámica del fluido, la coexistencia en dos medios muy diferentes, fluido y gas, y el efecto extra del oleaje. Debido al gran coste de producción de un barco, es interesante poder hacer un estudio teórico del comportamiento de este a priori. Para ello se ha desarrollado toda una teoría, la teoría de rebanadas o fajas. Esta teoría obtiene los coeficientes de unas ecuaciones lineales que generan un comportamiento muy semejante al comportamiento real del barco.



**Casco del buque representado por un número finito de fajas.**

Además los cálculos teóricos permiten ampliar el rango de estudio, incluso realizar experimentos que en el barco real o en la maqueta son difíciles de

conseguir. El estudio teórico es realizado sobre oleaje regular y se extrapola a mares irregulares basándonos en que el mar irregular es una composición de olas regulares. Un barco moviéndose con una velocidad media, sin ningún tipo de sujeción, enfrentándose a un oleaje posee seis grados de libertad, tres de traslación y tres de rotación, como se muestra en la figura 2.



El sistema de referencia que vamos a tomar será el mismo que el del CEHIPAR, para el convenio de signos utilizaremos los ejes de la mano derecha. Para referirnos a los diferentes movimientos utilizaremos tanto la nomenclatura española como la inglesa:

**Surge:** Avance del barco, positivo hacia adelante. Normalmente se trabajará con modelos linealizados en torno a una velocidad. Debido a las fluctuaciones en la velocidad, el barco va a estar por delante o por detrás del

punto esperado si navegase a velocidad constante. Esta desviación es lo que denominaremos surge.

**Sway:** Desplazamiento lateral, lo consideraremos positivo hacia babor, izquierda.

**Heave:** Arfada o altura del barco, positivo hacia arriba.

**Roll:** Escora o balanceo lateral del barco, positivo es hundir la parte derecha del barco, estribor, rotación respecto a eje X.

**Pitch:** Cabeceo vertical del barco; positivo hundir la proa, rotación respecto a eje Y.

**Yaw:** Guiñada o Cabeceo horizontal del barco; positivo girar hacia la izquierda, rotación respecto a eje Z.

No se contemplarán los grados de flexión del barco por complicar excesivamente el problema y no ser muy importante en el estudio que se quiere realizar. Estos grados de libertad conllevan seis ecuaciones diferenciales no lineales de movimiento, acopladas entre si. Si se considera un barco simétrico por babor y estribor, entonces las ecuaciones se pueden desacoplar en dos grupos, incluso se pueden aproximar por ecuaciones lineales. Un grupo lo constituye el movimiento longitudinal: surge, heave y



pitch. El otro grupo se encarga del movimiento lateral del barco: sway, roll y yaw.

El comportamiento del buque cuando está en el mar tendrá una relevancia importante con la incidencia de las olas por donde navegara el buque, algunas de estas serán:

- Resistencia estructural.
- Estabilidad.
- Movimiento.
- Velocidad y potencia.
- Incidencia de agua en cubierta.
- Impacto contra las olas.

Cuando las olas inciden con el buque este tiene que responder con una buena resistencia estructural. El buque tiene que tener una buena estabilidad desde su diseño para soportar condiciones críticas cuando este entre en contacto con las olas .En cuanto a los movimientos del buque, si estos movimientos son excesivos serán indeseados sobre todo cuando los buques lleven pasajeros, por lo cual se requieren de un confort. En cuanto a la velocidad y la potencia las olas causaran que la resistencia al avance aumente por consiguiente la velocidad de avance del buque disminuye, además producirán condiciones desfavorables para el sistema de propulsión.

La incidencia de agua en la cubierta dependerá del francobordo y de la altura mínima de proa. El impacto de proa producirá lo que se conoce como slamming, que se refiere al impacto de la proa con las olas, este efecto tendrá importancia relevante de entre 10 % a 25 % de la eslora entre perpendicular.

## ANEXO G

```
#include<iostream>

#include<math.h>

#include<stdio.h>

#include<stdlib.h>

const float PI=3.1416;

using namespace std;

int main()

{ int k=0;

    float L,B,H,Velo,Desp,Miu,Grav,Pees,Alto,GMT;

float b[4],t[4],SN[4],SIG[4],SSN[4],X[4],FS;

float WW,WE;

float

Asum=0,Bsum=0,Csum=0,Dsum=0,Aasu=0,Bbsu=0,Ccsu=0,Ddsu=0,Bbbs=

0,Ddds=0;

float Fac1,Fac2,Fac3;

float A,C,DFI,Apro,Bpro,Cpro,Dpro,Acab,Bcab,Ccab,Dcab;

float Brol,Drol;

float Maan,AA,AB,AC,AD,WZ,AG,AK,AE2,Z,AS1,AS2,ZET2,m;

float

Mian,CA,CB,CC,Mcab,CG,CK,n,TETA,CEA2,TET2,CT,ARO,BRO,CRO,MO

ME,RG,RK,FIA;

float RE2,FI2,mm;
```

```
cout<<"Ingrese los valores de:"<<"\n";
cout<<"Eslora(m):";cin>>L;
cout<<"Manga(m):";cin>>B;
cout<<"Puntal(m):";cin>>H;
cout<<"Velocidad(v/m):";cin>>Velo;
cout<<"Desplazamiento(ton):";cin>>Desp;
cout<<"Angulo de Encuentro(rad):";cin>>Miu;
cout<<"Gravedad(m/s^2):";cin>>Grav;
cout<<"Peso Especifico del Agua(ton/m^3):";cin>>Pees;
cout<<"Altura de la Ola(m):";cin>>Alto;
cout<<"Altura Metacentrica(m):";cin>>GMT;
cout<<"Ingrese los Valores de Mangas y Calados:";
for(int i=0;i<5;i++)
{cout<<"\n";
cout<<"b["<<i<<"]" <<" " <<"t["<<i<<"]" <<"\t";
cin>>b[i]>>t[i];
WW=sqrt(2*PI*Grav/L);
WE=WW-(pow(WW,2)*Velo*cos(Miu)/Grav);
SN[i]=b[i]*t[i];
Fac1=(pow(WE,2)*b[i])/(2*Grav);
Fac2=b[i]/t[i];
Fac3=SN[i]/(b[i]*t[i]);
cout<<"Con los valores siguientes acudir a Dinamic Marine Vehicles"<<"\n";
cout<<"Tablas de pags.41,44 y 47"<<"\n";
```

```
cout<<"we^2*B/(2*Grav)="<<Fac1<<"\n";
```

```
cout<<"B/T="<<Fac2<<"\n";
```

```
cout<<"SN/(B*T)="<<Fac3<<"\n";
```

```
SSN[i]=b[i]/(2*t[i]);
```

```
cout<<"B/(2*T)="<<SSN[i]<<"\n";
```

```
if(k=0)
```

```
{SIG[i]=3*L/8;
```

```
FS=1;
```

```
X[i]=L/2;
```

```
}
```

```
if(k=3)
```

```
{SIG[i]=-1*(L/8);
```

```
FS=4;
```

```
X[i]=L/4;
```

```
}
```

```
if(k=1)
```

```
{SIG[i]=L/8;
```

```
FS=4;
```

```
X[i]=L/4;
```

```
}
```

```
if(k=4)
```

```
{SIG[i]=-1*((3*L)/8);
```

```
FS=1;
```

```
X[i]=L/2;
```

```
}  
if(k=2)  
{SIG[i]=0;  
FS=2;  
X[i]=0;}  
cout<<"Ingrese el Valor del coeficiente de masa anadida:";cin>>C;  
Apro=(C*Pees*PI*pow(b[i],2))/(8*Grav);  
Asum=Asum+Apro*FS;  
cout<<"Ingrese el Valor de la Amplitud A:";cin>>A;  
Bpro=(Pees*Grav*pow(A,2))/pow(WE,3);  
Bsum=Bsum+Bpro*FS;  
Cpro=Pees*b[i];  
Csum=Csum+Cpro*FS;  
Dpro=(b[i]*cos(2*PI*X[i]*cos(Miu)/L))/2;  
Dsum=Dsum+Dpro*FS;  
Acab=Apro*pow(SIG[i],2)*FS;  
Aasu=Aasu+Acab;  
Bcab=Bpro*pow(SIG[i],2)*FS;  
Bbsu=Bbsu+Bcab;  
Ccab=Cpro*pow(SIG[i],2)*FS;  
Ccsu=Ccsu+Ccab;  
Dcab=(b[i]*X[i]*sin(2*PI*X[i]*cos(Miu)/L)/2)*FS;  
Ddsu=Ddsu+Dcab;  
cout<<"B[i]/2*T[i]="<<SSN[i];
```

```
cout<<"Ingrese el Valor de DFI:";cin>>DFI;

Brol=Pees*Grav*(pow(b[i],2)/4)*DFI*WE*pow(b[i],2)/(pow(Grav,2)*4);

Bbbs=Bbbs+Brol*FS;

Drol=pow(b[i]/2,3)*cos(2*PI*X[i]*cos(Miu)/L)*FS;

Ddds=Ddds+Drol;

k++;

}

Maan=L*Asum/15;

AA=Maan+Desp/Grav;

AB=L*Bsum/15;

AC=L*Csum/15;

AD=2*Pees*Alto*L*Dsum/15;

WZ=sqrt(AC/AA);

AG=WE/WZ;

AK=AB/(2*AA*WZ);

AE2=atan(2*AK*AG/(1-pow(AG,2)));

m=1-pow(AG,2);

Z=AD/(AC*sqrt(pow(m,2)+pow(2*AK*AG,2)));

AS1=-1*Alto*pow(WE,2)+Z*pow(WE,2)*cos(AE2);

AS2=-1*Alto*pow(WE,2)*cos(AE2)+Z*pow(WE,2);

ZET2=AS1;

if(AS2>ZET2)

{ZET2=AS2;}

cout<<"Arfada" << "\n";
```

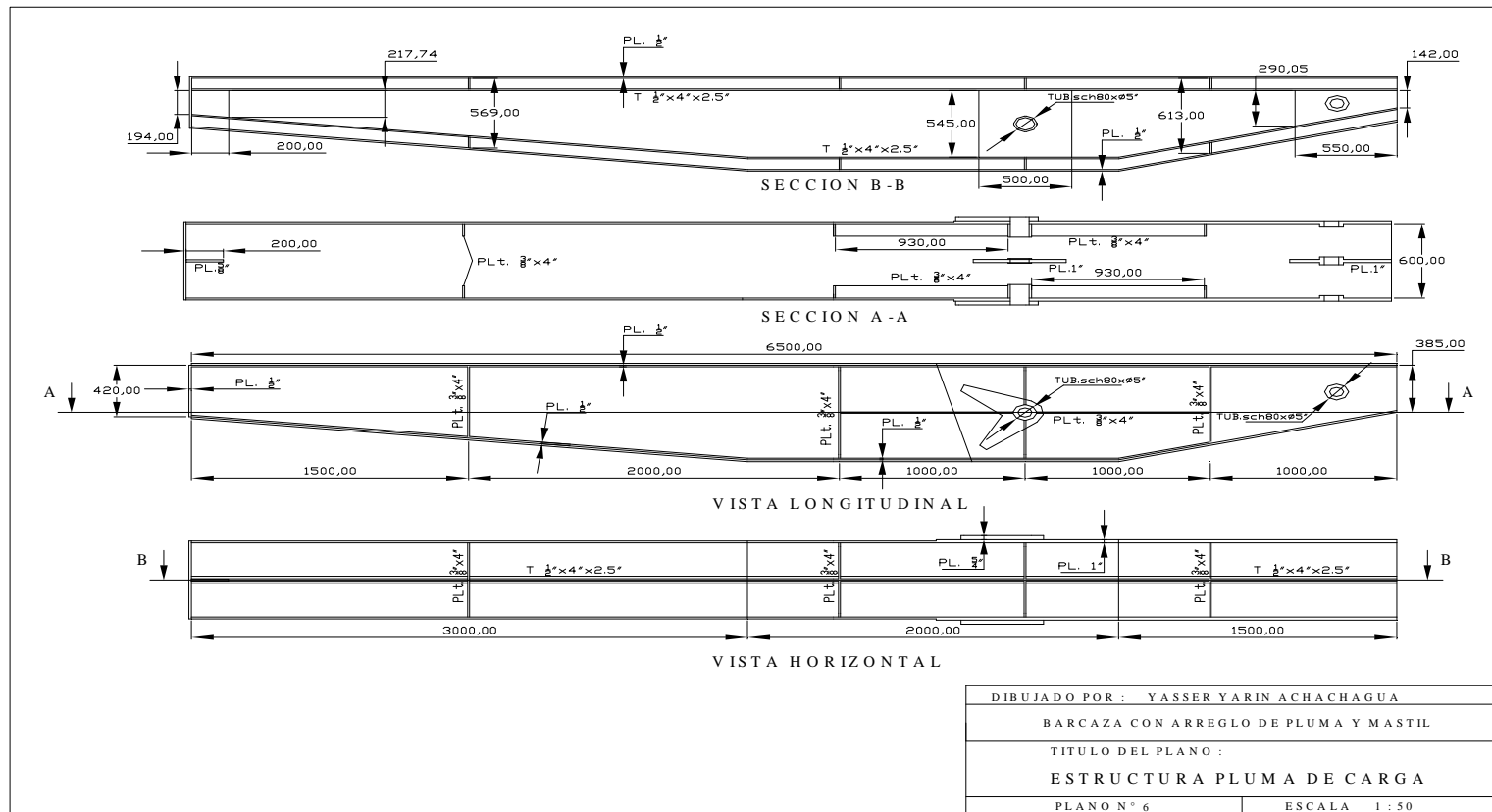
```
cout<<"Z="<<Z<<"m."<<"\n";
cout<<"Z2="<<ZET2<<"m/seg^2"<<"\n";
Mian=L*Aasu/15;
CA=Desp*pow(25*L,2)/Grav+Mian;
CB=L*Bbsu/15;
CC=L*Ccsu/15;
Mcab=2*Pees*Alto*L*Ddsu/15;
cout<<"Cabeceo"<<"\n";
cout<<"Momento de Cabeceo:"<<Mcab<<"ton-m."<<"\n";
CG=WE/sqrt(CC/CA);
CK=CB/(2*CA*sqrt(CC/CA));
n=1-pow(CG,2);
TETA=Mcab/((pow(sqrt(n),2)+pow(2*CK*CB,2))*CC);
CEA2=atan(2*CK*CG/n);
TET2=-TETA*pow(WE,2);
CT=(PI/2+CEA2)/WE;
cout<<"Teta="<<TETA<<"radianes"<<"\n";
cout<<"Teta 2="<<TET2<<"radianes/seg^2"<<"\n";
ARO=Desp*pow(0.39*B,2)/Grav;
BRO=L*Bbbs/15;
CRO=Desp*GMT;
MOME=4*sin(Miu)*Ddds*Pees*PI*Alto/45;
RG=WE/sqrt(CRO/ARO);
RK=BRO/sqrt(4*ARO*CRO);
```



```
mm=1-pow(RG,2);  
FIA=MOME/(CRO*sqrt(pow(mm,2)+pow(2*RG*RK,2)));  
RE2=atan(BRO*WE/(CRO-ARO*pow(WE,2)));  
FI2=FIA*pow(WE,2);  
cout<<"Rolido"<<"\n";  
cout<<"Momento de Rolido:"<<MOME<<"ton-m."<<"\n";  
cout<<"FI de A="<<FIA<<"radianes"<<"\n";  
cout<<"FI de 2="<<FI2<<"radianes/seg^2"<<"\n";  
system("PAUSE");  
return 0;  
}
```

ANEXO H

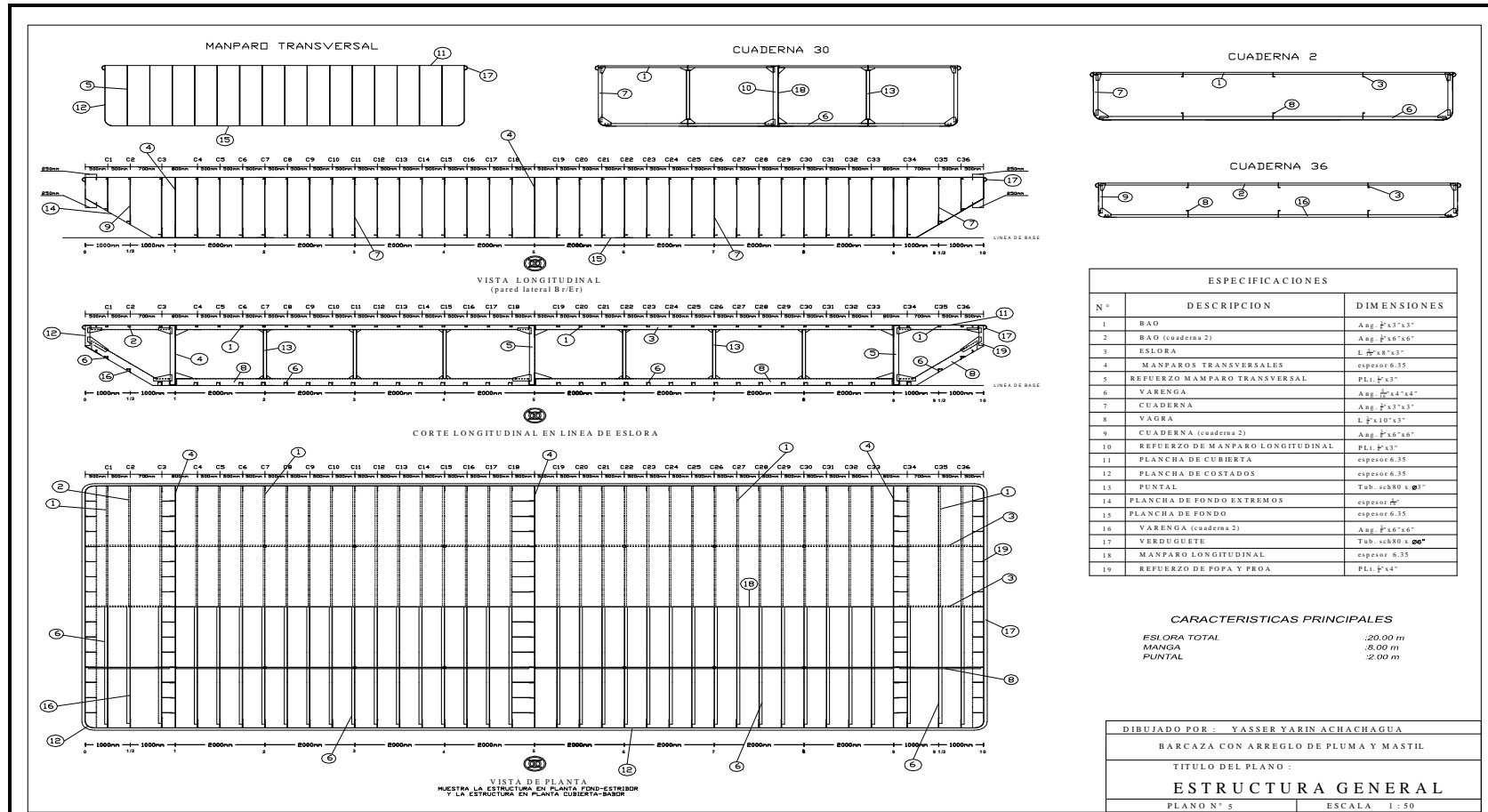
PLANO DE ESTRUCTURAS DE LA PLUMA





ANEXO J

PLANO DE ESTRUCTURAS DE LA BARCAZA



## ANEXO K

### CALCULO EN LA SECCIÓN MEDIA DEL MOMENTO DE INERCIA Y

#### MODULO SECCIONAL

Elementos	Dimensiones (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	d(cm)	Área x d (cm <sup>3</sup> )	Área x d <sup>2</sup> (cm <sup>4</sup> )	io (cm <sup>4</sup> )
1	cubierta	508	200.3175	101761.29	20384567.21	17.07
2	costado derecho	254	100	25400	2540000	846666.66
3	fondo	508	0.3175	161.29	51.209575	17.07
4	mamp. Longitudinal	127	100	12700	1270000	423333.33
5	refuerzos de mamp.	2476.6	100	247660	24766000	7847409.2
6	esloras	43.1	187.7	8089.87	1518468.599	985.52
7	vagras	61.08	10.16	620.5728	6305.019648	2320.72
<b>TOTAL</b>		<b>3977.78</b>		<b>396393.0228</b>	<b>50485392.04</b>	<b>9120749.57</b>

Y (cm)	99.652
io (cm <sup>4</sup> )	20104854.8
SM (cm <sup>3</sup> )	201751.002

## ANEXO L

Para poder empezar el análisis de un aparato de elevación, es necesario en primer lugar determinar el grupo al que pertenecen de acuerdo con las últimas exigencias de la técnica y de las normas ISO 4301-FEM y DIN 1502. Esta clasificación viene dada en función de la vida en horas de funcionamiento real del mecanismo y del estado de carga.

Para nuestro diseño se ha considerado los siguientes aspectos:

Vida del mecanismo: 3200 horas / Grupo C

Clasificación del aparato según FEM: M4

Clasificación del aparato según DIN: 1m

Servicio: Frecuencia reducida de la carga máxima

### Selección del Cable

El diámetro del cable se determina verificando la relación:

$$D_{\text{cable}} = Kc \cdot S^{0.5}$$

$$S = Q_t / i \cdot n$$

Donde:

$i=2$ , numero de ramales

$n=0.99$ , rendimiento de la polea

$Q_t=17935.97\text{Kg}$ , carga máxima del aparato

S: tracción máxima en el cable

$K_c=0.2$ , coeficiente para el trabajo con cargas peligrosas y de cable antigiratorio

Obtenemos:

$$D_{\text{cable}} = 26.649\text{mm}$$

Otra forma de seleccionar el cable es a través de la carga máxima de diseño y se determina verificando la expresión:

$$S = FS \cdot Q_t / i \cdot n$$

Donde:

$i=2$ , numero de ramales

$n=0.99$ , rendimiento de la polea

$Q_t=17935.97\text{Kg}$ , carga máxima del aparato

$FS=5$ , factor de seguridad para cables de elevación

Obtenemos:

$$S=45.3\text{ton}$$

Así tenemos que se selecciona un cable con alma de acero tipo cascabel 6x37 con:

$$D_{\text{cable}} = 28.6\text{mm}$$

Resistencia ala ruptura=51.3ton

$$\text{IPS}=180\text{Kg/mm}^2$$

### **Selección de la Polea**

El diámetro mínimo se determina verificando la relación:

$$D \geq d_1 \cdot h_1 \cdot h_2$$

Donde:

$d_1=28.6\text{mm}$ , diámetro del cable

$h_1=20$ , coeficiente dependiente del grupo en el que esta clasificado el mecanismo de elevación

$h_2$ =coeficiente dependiente de la disposición del sistema de elevación

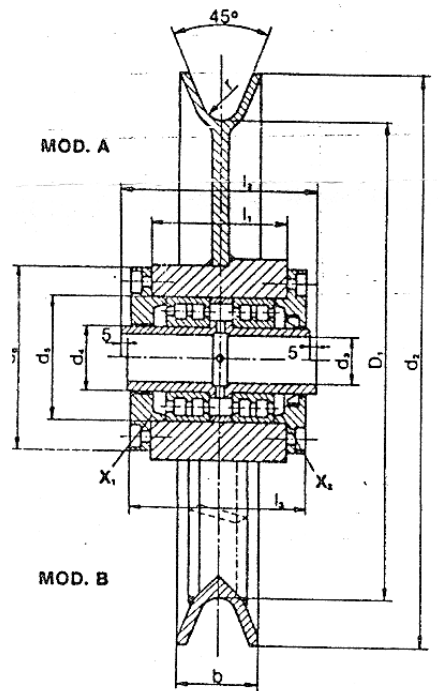
Obtenemos:

$$D \geq 572\text{mm}$$



La polea seleccionada tendrá las siguientes características:

D <sub>1</sub>	p cable	r	d <sub>2</sub>	b	E <sub>g</sub> d <sub>3</sub>	d <sub>4</sub> h <sub>6</sub>	M <sub>7</sub> d <sub>5</sub>	d <sub>6</sub>	M <sub>7</sub> d <sub>7</sub>	d <sub>8</sub>	l <sub>1</sub> -0,2	l <sub>2</sub> -0,2	l <sub>3</sub>	Rodamientos		Peso apr. xg.	Referencia
														X	Y		
630	20-34	12,5	700	60	80	100	140	180	110	145	95	130	117	4920	4916	62	017.63.16
		14	700	60	90	110	150	190	125	165	95	140	121	4922	4918	63	017.63.18
		16	710	70	110	130	180	230	150	190	115	160	143	4924	4920	65	017.63.20
		18	730	80	120	140	190	240	165	220	115	160	143	4928	4924	68	017.63.22
		18	730	80	150	170	215	265	190	240	105	150	136	4834	4830	70	017.63.30



### Selección del Winche

La carga fuerza mínima que deberá superar se determina verificando la siguiente expresión:

$$F_{min} = 1.07 \cdot Q_t$$

Donde:

$$Q_t = 17935.97 \text{ Kg, carga máxima del aparato}$$

Obtenemos:

$$F_{min} = 19191.4879 \text{ Kg}$$

$$F_{min} = 42309.988 \text{ lb}$$

El winche seleccionado es un Pullmaster M50-7-86-1 hidráulico que tiene las siguientes características:

MODEL NUMBER	BARE DRUM		MEAN DRUM (THEORETICAL)		FULL DRUM	
	LINE PULL	LINE SPEED	LINE PULL	LINE SPEED	LINE PULL	LINE SPEED
M50-7-86-1	50000 lb	69 fpm	42533 lb	84 fpm	35065 lb	99 fpm
	222.4 kN	21 m/min	189.1 kN	26 m/min	155.9 kN	30 m/min

MODEL NUMBER	DRUM SIZE			WIRE ROPE DIAMETER*						
	BARREL	FLANGE	LENGTH	9/16 in	5/8 in	3/4 in	7/8 in	1 in	1 1/8 in	1 1/4 in
M50-7-86-1	14 in	23.75 in	14 in	854 ft	691 ft	519 ft	375 ft	276 ft	195 ft	177 ft
	356 mm	603 mm	356 mm	260 m	211 m	158 m	114 m	84 m	59 m	54 m

### Selección del Gancho de carga

En base al reglamento de la Germanischer Lloyd para artefactos de elevación y sabiendo que la carga máxima a elevar es superior a las 20ton, se ha seleccionado un gancho cuya máxima carga de trabajo es de 25ton y que tiene las siguientes características:

Nominal size	working load limit "WLL"	a	b <sub>1</sub>	Thread		d <sub>3</sub>	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	i	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>	r <sub>4</sub>	w	Round nut <sup>2)</sup>		No. of blank of hook according to DIN 15402
				d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>										d <sub>1</sub>	m	
	t	mm	mm			mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	')
20 25	20 25	112	95	M 72 × 6 M 76 × 6		95	118	146	471	14	11	11	132	90	105 110	55 60	16

### Selección de Cilindros Hidráulicos

La fuerza mínima ( $F_{\min}$ ) actuantes sobre los cilindros hidráulicos que forman parte del sistema de elevación de la pluma queda definido por la siguiente expresión:

$$F_{\min} = \frac{Fx' \cdot D}{2 \cdot c \cdot d}$$

Donde:

$Fx'$  = máxima fuerza de flexión sobre la pluma (Kg.)

$D$  = distancia del extremo de la carga al centro de giro (m)

$d$  = distancia del punto de apoyo de los cilindros hidráulicos al centro de giro de la pluma (m)

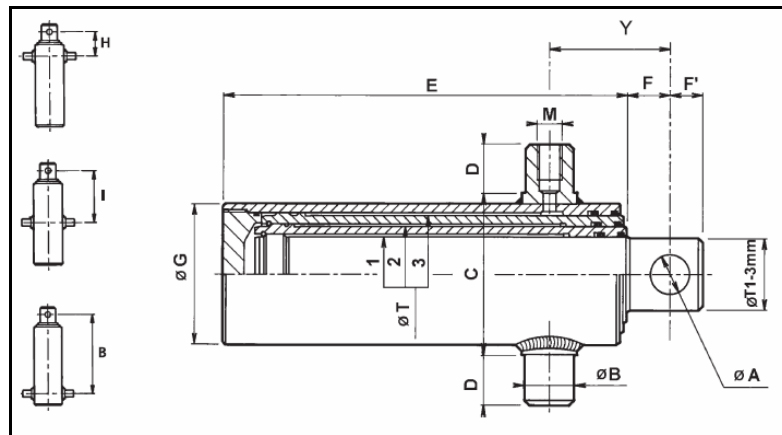
$C$  = factor debido al ángulo entre la pluma y los cilindros hidráulicos.

Obteniendo:

$$F_{\min} = 24996.62 \text{ Kg}$$

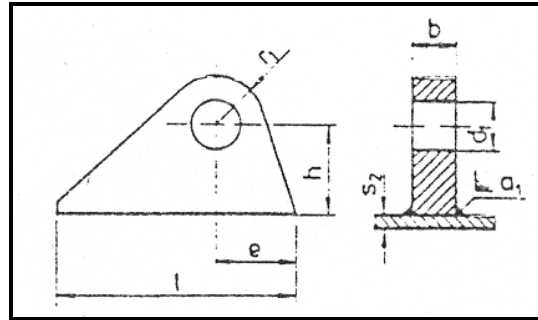
Así tenemos que los cilindros hidráulicos seleccionados tendrán las siguientes características:

REF.	Y			Ø T					CARRERA STROKE	A	B	C	D	E	F	F'	G	M	Vol. (L)	Ø PESO Ø WEIGHT Kg/m	*ton.	Opción Soporte Craddle no.
	H	I	B	1	2	3	4	5														
315	110	200	579	88	107	126			1380	36	45	170	45	584	40	30	150	1/2	13,8	58	9	3



Las mensulas que servirán de soporte para los cilindros hidráulicos serán diseñadas tomando como base el reglamento de la Germanischer Lloyd para artefactos de elevación, el cual toma como base la carga a soportar, en este caso la mitad de la fuerza mínima ( $F_{min}$ ) que actúa en los cilindros hidráulicos, así tenemos que las mensulas tendrán las siguientes características:

Nominal size	Permissible load	e	h	l	min.- im size s <sub>2</sub>	Welding seam a <sub>1</sub> a <sub>2</sub>	b	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	r <sub>1</sub>	s <sub>1</sub>
	kN	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
16	160	104	120	310	8	6 8	60	66	130	-	16



### Selección de la Bomba de Lastre-Deslastre

Para el lastrado y deslastro de los tanques utilizamos una bomba que cumpla simultáneamente las dos funciones. La potencia requerida para un buen desempeño de la bomba es determinada como sigue:

$$\text{BHP}=\text{LHP}/e$$

Donde:

BHP: Potencia de freno requerida de la bomba.

$e=0.6$ , Eficiencia de la bomba.

$$\text{LHP}=\text{GFM}*\text{TNH}*\gamma/3960$$

$\text{GPM}=330.25\text{gpm}$ , Capacidad de la bomba.

$\text{TNH}=49.22$  pies, Cabezal total neto.

$\gamma$ : Peso específico.

Entonces:

$$\text{LHP}=4.21\text{HP}$$

$$\text{BHP}=7.02\text{H}$$