

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA,
INFORMATICA Y MECANICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA



**“DISEÑO ESTRUCTURAL Y CÁLCULO DE ESTABILIDAD DE UNA
BARCAZA, PARA OPERAR UNA GRÚA MÓVIL DE 145 TON DE
PESO EN EL RIO TAMBOPATA, MADRE DE DIOS, 2015”**

TESIS PRESENTADO POR:

**Bach. TORRES KCANA, Jonhatan
Alfredo.**

**Tesis para optar el título profesional de
Ingeniero Mecánico.**

ASESOR:

Ing. ARTURO MACEDO SILVA.

CUSCO - PERÚ

2016

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a mi madre, Mery Kcana Arana.

Que con tanto amor, Me motivo para seguir adelante y

Me brindo el apoyo Suficiente para lograr mis objetivos.

Jonathan Alfredo Torres Kcana

A mis Abuelos Rudecindo y Josefina, a mi hermano Alberto,

Tíos Maritza, Roberto, Hernán, Arnaldo, Damiana y primos

Quienes me dieron un gran apoyo y consejos

Que sin su ayuda nunca hubiera podido realizar esta tesis.

A todos ellos agradezco desde el fondo de mi alma.

Jonathan Alfredo Torres Kcana.

AGRADECIMIENTOS

*Agradezco a Dios por ser mi guía
Por brindarme su bendición y
Cuidarme todos los días.*

*A mi familia por haber creído siempre
en mí, por el aliento que supieron
transmitirme durante el proceso del
presente proyecto.*

*A los ingenieros de la carrera.
Quienes me brindaron su apoyo a
Lo largo de toda mi formación
Profesional.*

RESUMEN

El presente trabajo de tesis es motivado por la presencia de daños ocasionados por los deslizamientos de tierras frecuentes que se suscitaron a lo largo de la orilla del río Tambopata-Puerto Maldonado, en la temporada de lluvias que se presentan en la zona. Ya que este río es de vital importancia para su economía de los pobladores. La construcción de una barcaza fluvial multi-casco tiene como propósito brindar servicio de transporte y a su vez servirá como plataforma de maniobra, debido a que cuenta en cubierta con una grúa modelo QUY 100 tipo oruga de 145 toneladas de peso, la cual tiene una capacidad máxima de 100 toneladas en el gancho. (1)

Uno de los objetivos del presente trabajo es el de comprobar la estabilidad o inestabilidad de la barcaza, la cual será sometida a una variación de la distribución de su carga es decir las desviaciones que se realiza colocando pesos en distintas posiciones de la embarcación (barcaza), para poder observar los distintos casos de inclinaciones que normalmente se dan en las embarcaciones.

Puesto que la estabilidad de una barcaza está expuesta a numerosos factores que pueden tener una influencia sobre la misma y considerando la complejidad analítica vinculada al análisis de estabilidad, el trabajo se centrará en una circunstancia concreta: la operación de descarga de una carga pesada.

El análisis se centrará en los cálculos y consideraciones necesarios para garantizar la seguridad tanto para las personas como para las cosas.

Parte del trabajo también es el desarrollo del diseño estructural de la barcaza de acuerdo a las normas de construcción y con los datos calculados sobre su peso se determinara un análisis a su respectiva estabilidad.

Una gran parte del tiempo de este trabajo se dedicó a proponer un procedimiento para simular y mostrar el comportamiento de la barcaza dentro del sistema de descarga para ello se utilizó el software solidwork versión 14 para los cálculos de desplazamientos y diseño estructural y el programa de matlab versión 14. Para obtener resultados más exactos que conciernen a la estabilidad.

ABSTRACT

The present work of thesis is motivated by the presence of hurts caused by the slides of frequent lands that provoked along the shore of the river Tambopata-port Maldonado, In the season of rains that they present in the zone. Since this river performs vital importance for his economy of the settlers, The construction of a fluvial barge multi-hull has as intention offer service of transport and in turn it will serve as platform of maneuver.

Due to the fact that it possesses in cover a derrick I shape QUY 100 type caterpillar of 145 tons of weight, which has a maximum capacity of 100 tons in the hook. (1)

One of the aims of the present work is of verifying the stability or instability of the barge, which will be submitted to a variation of the distribution of his load is to say the diversions that are realized placing weight in different positions of the craft (barge), To be able to observe the different cases of inclinations that normally are given in the crafts.

Since the stability of a barge is exposed to numerous factors that can have an influence on the same one and considering the analytical complexity linked to the analysis of stability, the work will centre on a concrete circumstance: the operation of unload of a heavy lift.

The analysis will centre on the necessary calculations and considerations to guarantee the safety both for the persons and for the things.

Part of the work also is the development of the structural design of the barge of agreement to the procedure of construction and with the information calculated on his weight an analysis was deciding to his respective stability.

A great part of the time of this work devoted itself to propose a procedure to simulate and to show the behavior of the barge inside the system of unload for it the software was in use solidwork version 14 for the calculations of displacements and structural design and the program of matlab version 14. To obtain results more exact that they concern the stability.

GLOSARIO

ABREVIATURAS

OMI : Organización Marítima Internacional.

CAD : Computer Aided Design (Diseño asistido por Computadora).

ABS : (Reglas para Construir y Clasificar Navío de acero para Servicio sobre Ríos y Vías fluviales Intracostales - Reglas del Río).

ASTM: American Society for Testing and Materials.

SMAW: Soldadura por Arco con Electrodo Metálico Revestido.

SAW : Soldadura por Arco Sumergido.

NOMENCLATURA

- Δ : Desplazamiento TM
- ∇ : Volumen de Carena (m³).
- ρ : Densidad del agua (gr/cm³).
- B o C**: Centro de Carena o Baricentro.
- g** : Aceleración de la gravedad (m/s²).
- E** : Empuje.
- G** : Centro de Gravedad.
- θ : Angulo de inclinación.
- GZ** : Brazo Adrizante.
- GM** : Altura Metacéntrica.
- CM** : Radio Metacéntrico.
- KG** : Distancia de la Killa al centro de Gravedad.
- KM** : Distancia de la killa al Metacentro.
- KC** : Distancia de la Killa al centro de Boyantes.
- M** : Manga (m).
- E** : Eslora (m).
- C** : Calado (m).
- A** : Asiento (m)
- K** : Punto de Partida para la Medición.
- GG'** : Distancia trasladada del Centro de Gravedad.
- SM** : Modulo de la Sección Media.
- LF** : Línea de Flotación.
- KN** : Brazo máximo de Adrizamiento.

M : Momento Adrizante.

Mu : Momento Unitario.

TCP : Toneladas por centímetro de inmersión.

LCB : Posición Longitudinal del Centro de Boyantes.

VCB : Posición Vertical del Centro de Boyantes.

MTC: Momento para trimar un centímetro.

VCG: Centro Vertical de Gravedad.

Ixx : Segundo Momento de Inercia de área en función de la manga.

Iyy : Segundo Momento de Inercia de área en función de la eslora.

St : Esfuerzo de tracción.

Sc : Esfuerzo de compresión.

Sut : Esfuerzo ultimo o de fluencia.

n : Factor de Seguridad.

Sw : Esfuerzo Permisible (PSI).

f' : Carga de corte.

f'' : Carga de corte producida por el momento torsor.

f''' : Carga de corte producida por el momento flector.

A : Área efectiva del cordón.

M : Momento flector actuante

T : Momento Torsos Actuante.

C : Distancia del Centro de Gravedad al Extremo más Alejado del Cordon.

Jw : Momento de Inercia Polar de Línea.

I : Momento de Inercia con respecto a Carga.

INDICE

I. RESUMEN	4
II. GLOSARIO	6
III. NOMENCLATURA	7
IV. INDICE	9
CAPITULO I	14
GENERALIDADES	14
1.1. TÍTULO	14
1.2. DESCRIPCION DEL PROBLEMA	14
1.2.1. UBICACION	14
1.2.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.2.3. ANTECEDENTES	18
1.2.4. FORMULACION DEL PROBLEMA	19
1.2.5. JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION	19
1.2.6. LIMITACIONES Y RESTRICCIONES DE LA INVESTIGACION	19
1.3. OBJETIVOS	20
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	20
1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	20
1.4. HIPOTESIS	21
1.5. VARIABLES	21
1.5.1. VARIABLES INDEPENDIENTES	21
1.5.2. VARIABLES DEPENDIENTES	21
1.6. METODO DE INVESTIGACION	21
1.6.1. PROCEDIMIENTO DE INVESTIGACION	21
CAPITULO II	22
MARCO TEÓRICO	22
2.1. PRINCIPIO DE ARQUIMEDES	22
2.2. CONCEPTOS FUNDAMENTALES	23
2.3. CENTRO DE GRAVEDAD (G) Y SU VARIACION.	24
2.3.1. CENTRO DE GRAVEDAD DE LA BARCAZA.	24
2.3.2. VARIACION DEL CENTRO DE GRAVEDAD POR TRASLADO DE PESOS	25
2.4. RADIO METACENTRICO, CURVAS HIDROSTATICAS	26

2.4.1. METACENTRO Y RADIOS METACENTRICOS TRANSVERSALES	26
2.4.1.1. METACENTRO Y RADIO METACENTRICO	26
2.4.2. CURVAS HIDROSTATICAS	27
2.4.3. CURVAS CRUZADAS	29
2.5. PRINCIPIOS GENERALES	30
2.5.1. ESTABILIDAD GRAVITACIONAL	30
2.5.2. ESTABILIDAD.	30
2.5.2.1. CLASIFICACION DE ESTABILIDAD.	30
2.5.2.2. ESTABILIDAD INICIAL	31
2.5.2.3. DETERMINACION DEL BRAZO ADRIZANTE (GZ)	32
2.5.2.4. METACENTRO (M).	34
2.5.2.5. ALTURA METACENTRICA TRANSVERSAL	35
2.5.2.6. CRITERIO DE LA OMI	36
2.6. EQUILIBRIO Y ESTABILIDAD	36
2.6.1. ANALISIS DE EQUILIBRIO	37
2.6.1.1. EQUILIBRIO ESTABLE	37
2.6.1.3. EQUILIBRIO INESTABLE	38
2.7. CARACTERISTICAS DE LA BARCAZA CON INFLUENCIA DE ESTABILIDAD.	38
2.7.1. TERMINOLOGIA DE LA BARCAZA	38
2.7.2. PUNTOS FUNDAMENTALES EN LA ESTABILIDAD DE LA BARCAZA	39
2.8. ESTABILIDAD TRANSVERSAL	40
2.9. ESTABILIDAD LONGITUDINAL	42
2.10. CONSIDERACIONES PREVIAS SOBRE LA BARCAZA Y CARGA	43
2.10.1. TIPOLOGIA DE OPERACIÓN.	43
2.10.2. TIPOLOGIA DE LA BARCAZA	44
2.10.3. TIPOLOGIA DE CARGA	46
2.10.4. ATRAQUE DE LA BARCAZA	46
2.11. HERRAMIENTAS DE CÁLCULO Y DISEÑO.	47
2.11.1. CALCULO A LA RESISTENCIA.	47
2.11.2. DEFORMACION DEBIDO A FLEXION	48
2.11.3. FACTOR DE SEGURIDAD	49
2.12. DISEÑO DE LA BARCAZA	50
2.12.1. ELEMENTOS ESTRUCTURALES	50
2.12.2. CUADERNA MAESTRA	50
2.12.2.1. BAOS.	50
2.12.2.2. VARENGA.	51
2.12.2.3. PANTOQUES	51
2.12.2.4. PUNTALES.	52
2.12.2.4.1. ESTRUCTURA DE LOS PUNTALES	53
2.12.2.5. PRINCIPALES VARIANTES QUE SE PRESENTA	53
2.12.2.6. LONGITUDINALES	54
2.12.2.7. ESLORAS	55
2.12.2.8. VAGRAS	56
2.12.3. PLANCHAS	56
2.12.3.1. MAMPAROS	56

2.12.3.1.1. REFUERZO DE MAMPARO	57
2.12.4. CASCO	58
2.12.4.1. CUBIERTA	58
2.12.4.2. PLATAFORMA DE MANIOBRA	58
2.12.4.3. VERTICALES.	59
2.12.4.4. RAMPA.	59
2.12.4.5. FONDO	60
2.12.4.6. FUNCIONES DE LOS CASCOS	60
2.12.5. VIGA UNION	61
2.13. SISTEMA ESTRUCTURAL	62
2.13.1. RESISTENCIA LONGITUDINAL	62
2.13.2. ESCANTILLONADO	62
2.14. ESFUERZOS SOBRE LA BARCAZA.	64
2.15. TIPO DE SOLDADURA	65
2.15.1. ESFUERZOS PERMISIBLES	66
2.15.2. ESPECIFICACIONES	66
2.15.3. ESFUERZOS PERMISIBES EN CORDONES DE SOLDADURA	67
2.15.4. CARGAS ACTUANTES	67
2.15.5. RECOMENDACIONES GENERALES	68
2.15.6. REQUERIMIENTOS MINIMOS DEL MATERIAL SEGUN AWS	68
2.15.7. TAMAÑO MINIMO DEL TAMAÑO DEL FILETE	69
2.16. CONSIDERACIONES Y REQUERIMIENTOS AL PROBLEMA PLANTEADO.	69
2.16.1. ESTRUCTURA	69
2.16.1.1. MATERIALES.	70
2.16.2. SEGURIDAD.	70
2.16.3. MANTENIMIENTO	70
CAPITULO III	71
CALCULO DE ESTABILIDAD	71
3.1. DESCRIPCION DE LA EMBARCACION	71
3.2. CONSIDERACIONES	71
3.3. NORMAS DE ESTABILIDAD	71
3.3.1. ESTABILIDAD	71
3.4. CRITERIOS DE ESTABILIDAD SIN AVERIA	72
3.5. DESARROLLO.	73
3.6. PROPIEDADES HIDROSTATICAS	74
3.7. ESTABILIDAD DE LA BARCAZA CON CARGA SEGÚN MANIOBRA	79
3.7.1. SALIDA DE PUERTO (GRUA Y 10 PILOTES EN CUBIERTA)	79
3.7.2. MANIOBRA DE LA GRUA PARA LEVANTAR EL PILOTE.	88
3.7.2. MANIOBRA DE LA GRUA AL LEVANTAR UN PILOTE	89
3.7.3. MANIOBRA DE LA GRUA AL DEJAR EL PILOTE A 6 M DE BORDA.	103

CAPITULO IV	118
DISEÑO Y CALCULO ESTRUCTURAL	118
4.1. DESCRIPCION DE LA EMBARCACION	118
4.2. CONSIDERACIONES	118
4.3. NORMAS A UTILIZAR.	119
4.4. CALCULO Y DESARROLLO ESTRUCTURAL	121
4.4.1. DEFINICIONES	123
4.4.1.1. SISTEMA ESTRUCTURAL	123
4.4.1.2. RESISTENCIA LONGITUDINAL	123
4.4.1.3. PLANCHA DEL CASCO	124
4.4.2. CALCULO DE LA ESTRUCTURA DE LA PLATAFORMA	128
4.4.3. SIMULACION DE LA BARCAZA	156
CAPITULO V	158
CALCULO DE SOLDADURA	158
5.1. TRABAJO DE SOLDADURA	158
5.2. CALCULO DE JUNTAS SOLDADAS	158
5.3. CALCULO DE VIGA UNION	158
CAPITULO VI	162
EVALUACION DE COSTOS	162
6.1. ESTIMACION DEL COSTO DE CONSTRUCCION DE BARCAZA	162
6.1.1. COSTO DE MATERIALES	162
6.1.2. COSTO DE FLETE DE MATERIALES LIMA-PTO. MALDONADO	163
6.1.3. COSTO DE TRÁMITES A CAPITANIA.	164
6.1.4. COSTO DE DISEÑO E INGENIERIA.	164
6.1.5. COSTO DE ACABADO SUPERFICIAL.	165
6.1.6. ESTADIA DE PERSONAL	167
6.1.7. COSTO TOTAL PRESUPUESTADO DE LA EMBARCACION.	167
CONCLUSIONES	168
RECOMENDACIONES	169
BIBLIOGRAFIA	170

APENDICE

171

PLANOS

175

CAPITULO I GENERALIDADES

1.1. TÍTULO

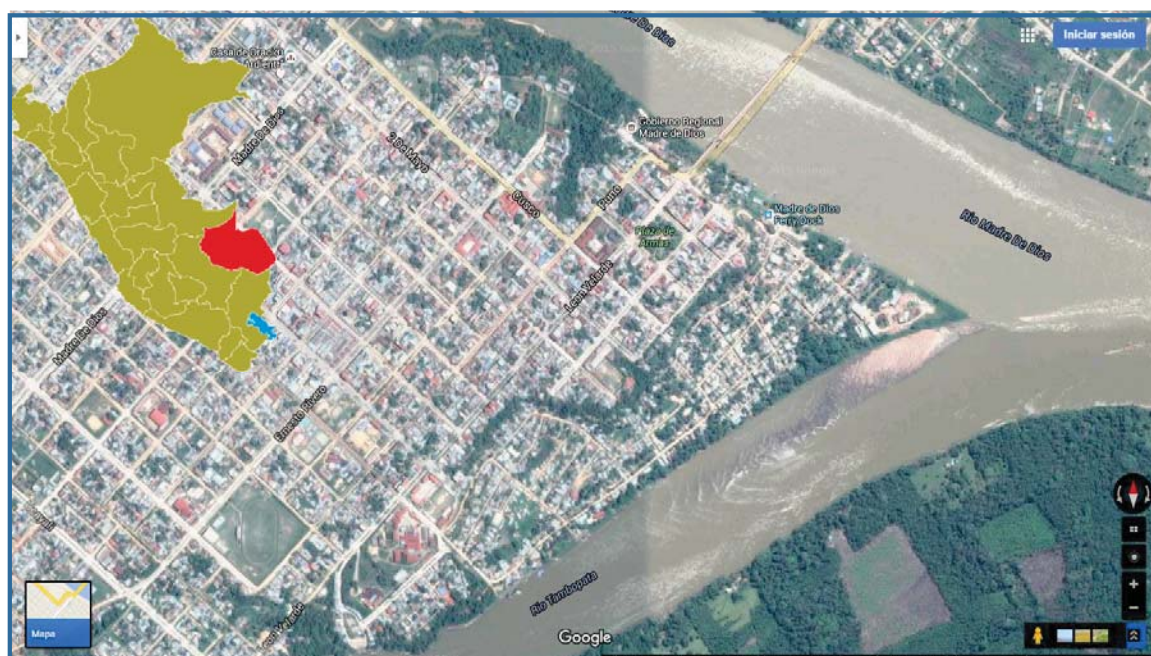
“DISEÑO ESTRUCTURAL Y CALCULO DE ESTABILIDAD DE UNA BARCAZA, PARA OPERAR UNA GRUA MOVIL DE 145 TON DE PESO EN EL RIO TAMBOPATA, MADRE DE DIOS, 2015”

1.2. DESCRIPCION DEL PROBLEMA

1.2.1. UBICACION

La Ciudad de Puerto Maldonado se ubica entre los ríos Madre de Dios y Tambopata. El primero rodea la ciudad llegando a aproximarse en dos zonas (Noroeste y Noreste de la Ciudad), mientras que el río Tambopata, constituye el límite de la parte sureste de la Ciudad. El río Madre de Dios se aproxima a la ciudad de Puerto Maldonado por el lado Noroeste (Puerto La Pastora), luego haciendo un flujo curvo hacia el norte se aleja, después de un recorrido meándrico de aproximadamente 30 Km. Es uno de los principales núcleos comerciales de la Amazonia se encuentra a una altitud de 134 a 215 msnm.

La ciudad de Puerto Maldonado se interconecta con el departamento de Cusco a través de la carretera Cusco - Urcos - Quince mil, con una longitud de 567.00 Km. sin embargo en épocas de lluvias intensas es interrumpida hasta por semanas; debido a la frecuente ocurrencia de deslizamientos, derrumbes, flujos de lodo y otros fenómenos de origen geológico-climático.(2)



FUENTE: Google Map V 2.6 (2015)

1.2.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El agua del río de Madre de Dios, siguiendo su curso y como parte de proceso natural, erosionó el acantilado y el talud provocando que, en el sector de la pastora, más de 60 metros de su margen derecha sean socavados poniendo en peligro la integridad de la infraestructura del tramo 3 de la carretera interoceánica Sur y con ello la conectividad de las poblaciones de Madre de Dios con el resto del país. (1)

Ante este problema el ministerio de transportes y comunicaciones (MTC) y la concesionaria IIRSA Sur plantearon una solución, de alta tecnología, para revertir los efectos naturales ocasionados por el agua. Para estabilizar la base del acantilado, se desarrolló un modelo hidráulico de defensa ribereña constituido por 40 espigones metálicos que no necesita madera, concreto, ni movimiento de suelo para ser colocados. Estos espigones sirven para reducir la velocidad de la corriente de agua disminuyendo la erosión del talud y permitiendo que a mediano y largo plazo, los sedimentos que trae el río se vayan depositando en la orilla estabilizándola. (1)

Con la presencia de esta gran obra de ingeniería innovadora, hecha a la medida del problema, la concesionaria IIRSA Sur, logra una solución que frenara el proceso natural que pone en riesgo a la carretera y con ello a la integración de la región Madre de Dios con un bajo impacto ambiental. (1)

Sin embargo cuya construcción está a cargo de la empresa constructora

ODEBRECHT LATINVEST S.A, para dicho objetivo se construyó una barcaza de acero naval cuyas dimensiones son largo 30 m, ancho 20.8 m y una altura de 1.8 m. dicha barcaza tendrá como función servir como plataforma de maniobra de una grúa de 145 toneladas de peso cuya capacidad en el gancho de la pluma es de 100 toneladas que servirá a su vez para colocar pilotes de metal de 20 m de longitud que serán puestas a lo largo de la orilla del río y así prevenir futuros desbordes a causa de las intensas precipitaciones que la zona padece en esas meses.

Como se sabe este proyecto consta de diversas instalaciones tanto mecánicas, civiles, eléctricas, etc. es en la parte mecánica donde ocurre los grandes problemas estos se presentan en el diseño de la estructura y sobre todo la estabilidad que la barcaza que ejercerá en el momento que se lleve a cabo las maniobras de trabajo.

Las figuras 1, 2, 3, muestra son los avances del presente proyecto.



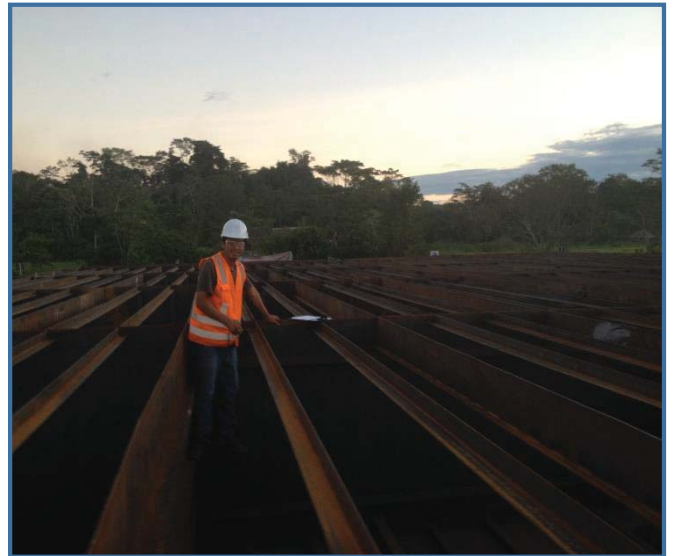
FIG. 1 RIO MADRE DE DIOS FUENTE: FOTO ANDINA/ GOBIERNO REGIONAL MADRE DE DIOS



FIG. 2 AVANCE DE ESPIGONES FUENTE: FOTO ANDINA/ GOBIERNO REGIONAL MADRE DE DIOS



FIG 3. DESPLAZAMIENTO DE BARCAZA. FUENTE: FOTO ANDINA / GOBIERNO REGIONAL M. DE DIO



Imágenes de Izquierda a Derecha: FIG 4 Vista frontal de la estructura; FIG 5. Cuaderna final del bao; FIG 6. Vista del estribor de la barcaza; FIG.7. Longitudinales, FIG 8. Trabajos en caliente en zona de pantoques, FIG 9. Planchaje de los pantoques.

1.2.3. ANTECEDENTES

Antecedentes Internacionales; Aunque se ha avanzado mucho en los estudios de estabilidad, todavía hoy en día se puede dar uno cuenta de que es una parte en la que se debe seguir realizando avances para así conseguir una mejora en la seguridad de la navegación. A continuación se muestra un accidente de una barcaza ocurrido en el año 2011 en el río Mississippi.



FUENTE: FOTO WIKIPEDIA / INCIDENTE DE ESTABILIDAD RIO MISSISSIPPI 2011

La causa de vuelco de la barcaza de la figura anterior es debida a que los 150 contenedores que llevo a estibar en el mercante contenían 241 toneladas más de mercancía que la declarada por sus propietarios y 332 toneladas más que el peso utilizado para los cálculos de estabilidad. (3)

Antecedentes Nacionales; en lo que va hasta la fecha en el Perú, no existe una barcaza de tal magnitud siendo este proyecto el primero en realizarse.

1.2.4. FORMULACION DEL PROBLEMA

Por las anteriores consideraciones la presente investigación pretenderá responder a la siguiente interrogante.

¿Cómo realizar el diseño estructural y hacer su respectivo análisis de estabilidad de una barcaza que soporte una grúa de 145 toneladas?

Para responder esta interrogante se han formulado objetivos que se verán más adelante.

1.2.5. JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION

El presente proyecto de investigación tiene importancia por las siguientes razones.

- Actualmente en el departamento de Madre de Dios tiene un crecimiento socioeconómico que le permite desarrollarse mediante obras e infraestructura. El río Madre de Dios es un río que pertenece a la cuenca de la amazonia, se encuentra en una zona muy húmeda lo que explica su alto caudal, y tiene muy buena navegabilidad.
- A principios de los meses del 2015, a consecuencia de las intensas precipitaciones pluviales, se registró deslizamientos que afecto viviendas en los asentamientos humanos a lo largo de la orilla del río tambopata, lo que motivo a que la población con su propia iniciativa, esfuerzo y sus limitaciones realizaron trabajos de reforzamiento de una defensa ribereña en el río Madre de Dios a fin de evitar futuros deslizamientos. La cual no era lo suficiente.
- El presente proyecto es necesario realizar una investigación correspondiente a los principales parámetros que originan el comportamiento tanto a lo ancho como a lo largo.
- El diseño de la estructura y su respectivo cálculo de la estabilidad de la barcaza de 150 toneladas es importante porque ahorraría el tiempo de trabajo y sobre todo permitirá un bajo costo de operación en caso que no se construya.

1.2.6. LIMITACIONES Y RESTRICCIONES DE LA INVESTIGACION

1. En el ámbito geográfico el estudio será en la ciudad de puerto Maldonado región de madre de Dios.

2. El estudio a realizarse será fundamentalmente a la estabilidad estática, considerando un asiento y escora nulos.
3. También el estudio se enfocara en la estabilidad transversal considerando a esta la más crítica.
4. El análisis de estabilidad se desarrollara en base a los parámetros de calado, desplazamiento, altura metacéntrica y brazos de adrizamiento.
5. El cálculo de soldadura estará enfocado en la viga unión que unen los cascos considerando a esta la más importante.
6. El análisis presupuestal estará enfocado netamente a las actividades fluviales y lacustres.
7. El presente trabajo no pretende realizar un nuevo diseño de la estabilidad sino el estudio de la causa que genera el problema y de las posibles acciones que deberían realizar.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

El presente trabajo tiene como objetivo diseñar la estructura y calcular la estabilidad de una barcaza, para operar una grúa móvil de 145 toneladas de peso en el rio tambopata.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Recopilar información y revisión bibliográfica, de antecedentes de todas las investigaciones previas involucradas o referidas a este tema.
2. Realizar un estudio técnico-científico para el diseño de una barcaza según norma ABS.
3. Realizar el análisis y cálculo analítico de la estabilidad para determinar la altura metacéntrica y el brazo de adrizamiento.
4. Obtener de acuerdo a la norma marítima los ángulos de inclinación a causa de la sumatoria de momentos que establece la O.M.I (Organización Marítima Internacional).
5. Realizar un diseño estructural optimizando los resultados mediante un análisis computacional.
6. Realizar una estimación de costos de construcción.

1.4. HIPOTESIS

Es posible determinar la estabilidad y diseñar la estructura de la barcaza para una grúa móvil de 145 toneladas de peso en el río tambopata Madre de Dios.

1.5. VARIABLES

1.5.1. VARIABLES INDEPENDIENTES

- Volumen y peso que transporta la barcaza.
- Estabilidad de la barcaza.
- Estructura.
- Soldadura.

1.5.2. VARIABLES DEPENDIENTES

- Barcaza para un peso de 145 toneladas.

1.6. METODO DE INVESTIGACION

1.6.1. PROCEDIMIENTO DE INVESTIGACION

Para el presente trabajo de investigación se considera el procedimiento:

- **BUSQUEDA DE INFORMACION.-** Sera necesario la recopilación de información técnica de diseño estructural e información bibliográfica para el análisis y modelamiento computacional del sistema, que se pretende realizar, datos como desplazamientos, alturas metacéntricas, centros de boyantes, etc. Que será de vital importancia para esta investigación.
- **COMPROBACION INDUCTIVO-DEDUCTIVO-** Luego obtenida la bibliografía y los datos del sistema se realizara los cálculos correspondientes para afirmar cuál de las causas (estabilidad transversal, longitudinal u otros) es la que debemos tener en cuenta para no cometer errores al sistema, para que sea considerada en el posterior análisis.
- **ANALISIS Y CÁLCULO.-** Se realizara el análisis, cálculos y variantes geométricas en el sistema con el fin de determinar las causas que generan los problemas de estabilidad y diseño.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. PRINCIPIO DE ARQUIMEDES

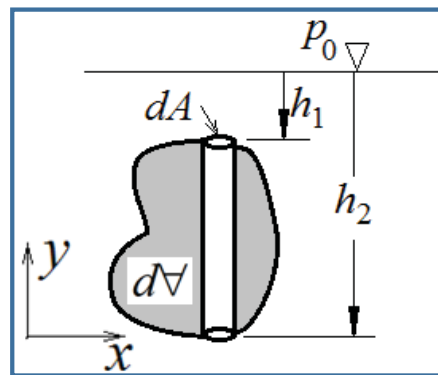
“Todo cuerpo sumergido en un fluido experimenta un empuje vertical de abajo hacia arriba igual al peso del volumen del líquido desalojado”.

Para que la barcaza flote, la condición es que su peso específico sea menor que el del líquido desalojado por aquel.

Entonces podemos decir que la Flotabilidad (empuje) de una barcaza es una consecuencia directa del principio de Arquímedes. En el agua del río, el empuje que experimenta sobre el casco hacia arriba (fuerza que lo mantiene a flote), es igual al peso del agua desplazada.

Es por ello que el empuje es la propiedad que posee la barcaza para mantenerse a flote y que, sumergido hasta la línea de máxima carga, quede volumen suficiente fuera del agua para que pueda navegar con mal tiempo, en previsión de aumento del peso por embarque de agua.

Considerando un elemento de volumen $\delta\forall$ del cuerpo sumergido. (4)



De la Hidrostática sabemos que la distribución de la presión responde a:

$$p = p_0 + \rho gh$$

El diferencial de la fuerza en las áreas por encima y por debajo de un delta de volumen está dada por:

$$dF_y = (p_0 + \rho gh_2)dA - (p_0 + \rho gh_1)dA$$
$$dF_y = \rho g(h_2 - h_1)dA$$

Integrando se tiene:

$$F_y = \int dF_y = \int_V \rho g d\forall = \rho g\forall$$

Que finalmente nos conduce a:

$$\therefore F_{\text{flotación}} = \rho g \nabla_{\text{sumergido}}$$

Entonces la fuerza de flotación es igual al peso del Volumen de líquido desplazado, esto último es conocido también como el principio de Arquímedes (220 A.C.) y Empuje. (4)

2.2. CONCEPTOS FUNDAMENTALES

➤ DESPLAZAMIENTO (Δ)

Se llama así, al peso total de la barcaza, y es igual al peso del volumen del líquido desalojado por su carena. Entrando en la C.H. con el calado medio, se halla con facilidad el desplazamiento y se aplica en el centro de gravedad de la barcaza (G). Se expresa en toneladas métricas (TM), y se representa por Δ . Para calcular el Desplazamiento, conocidos el volumen sumergido, y la densidad del agua, aplicaremos la siguiente fórmula:

$$\Delta = \nabla * \rho$$

Δ = desplazamiento (TM).

∇ = volumen de la carena o volumen sumergido (m³).

ρ = la densidad del agua (1.000gr/cm³) en que flota la barcaza (Tm/m³).

➤ EMPUJE (E).

Se llama así, a la fuerza resultante de todas las presiones ascendentes sobre el cuerpo sumergido.

$$E = \rho * V * g$$

Aplicado en el centro de carena, C = C.G (Carena). $g = 9.8 \text{ m/s}^2$

En el equilibrio: $E = \Delta$.

Las dos fuerzas están sobre la misma vertical. Es la presión hidrostática aplicada en un punto llamado centro de empuje (Ce). Analizando la figura podemos observar que el centro de empuje y el centro de carena se hallan siempre sobre la misma vertical. (5)

Al actuar el “Ce” sobre la misma vertical que “C”, a efectos de estabilidad,

hacemos coincidir el centro de empuje con el centro de carena.

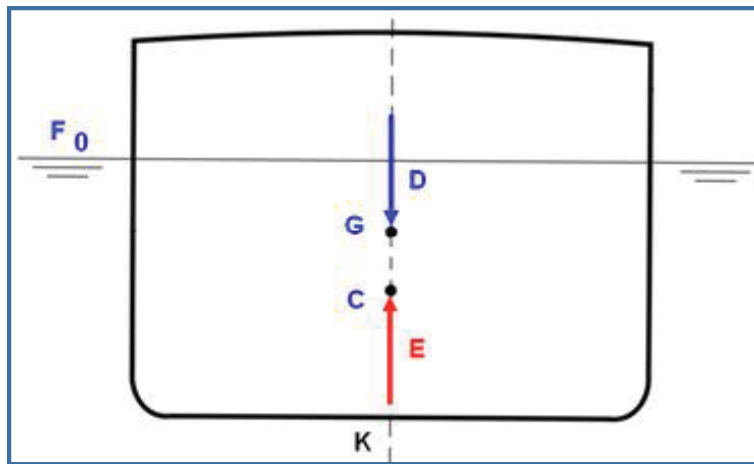


FIG. 10. Empuje y Desplazamiento

➤ **CARENA (C).**

La barcaza tiene que satisfacer una serie de condiciones, tales como flotabilidad, estabilidad, etc. Para estas condiciones necesitamos conocer una serie de datos, como el valor del volumen y coordenadas del centro de la carena; las áreas de las distintas líneas de agua y cuadernas de trazado, centro de gravedad de estas, y momentos de inercia de las distintas flotaciones.

La forma de la barcaza no obedecen a ninguna ley matemática, y por lo tanto, las curvas que limitan las líneas de agua y cuadernas de trazado, no son conocidas analíticamente; por lo que, para calcular el volumen de la carena, áreas de líneas de agua, áreas de cuadernas de trazado, y demás elementos, tenemos que recurrir a “métodos Aproximados.

Es el volumen de la parte sumergida de la barcaza. El centro de carena © es el centro de gravedad del volumen de la carena para la flotación considerada. También se le llama obra viva.

➤ **CALADO (Cm)**

Distancia vertical medida desde el fondo hasta la línea de flotación.

2.3. CENTRO DE GRAVEDAD (G) Y SU VARIACION.

2.3.1. CENTRO DE GRAVEDAD DE LA BARCAZA.

Es el punto de la barcaza en el cual se considera que actúa el peso total del mismo, su posición se determina con un cálculo de momentos, en relación a un punto cualquiera. Dicho peso está constituido por el desplazamiento de la barcaza y por el conjunto del resto de pesos existentes a bordo, es decir el peso total de la barcaza. Para que la barcaza esté a flote y en equilibrio es necesario:

Que el Desplazamiento de la barcaza y el Empuje sean iguales. Que “G” y “C” estén en la misma vertical. Si se cumple la 1ª condición, pero G y C no se hallan sobre la misma vertical, el buque escorará o adrizará a una u otra banda hasta que ambos puntos se encuentren sobre la misma vertical. La posición del mismo se determina en base a un cálculo de Momentos en relación a un punto cualquiera. (6)

2.3.2. VARIACION DEL CENTRO DE GRAVEDAD POR TRASLADO DE PESOS

Si trasladamos un peso “p” en el buque de g a g’ figura 2.10, el centro de gravedad del buque G, se trasladara paralelamente a gg’, y una distancia de forma que:

$$GG' = \frac{p * gg'}{\Delta}$$

GG’ = Distancia trasladada del centro de gravedad del buque, paralelamente a gg’.

p= Peso trasladado en el buque.

Δ = Desplazamiento del buque.

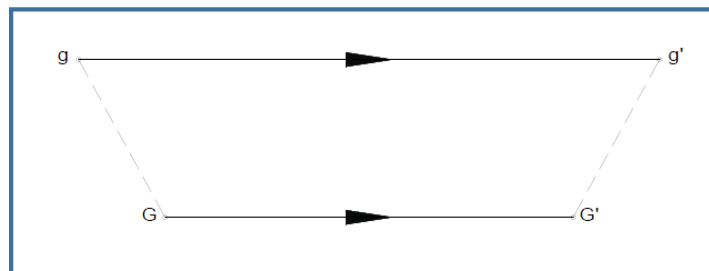


FIG. 11. Traslado de un peso a bordo.

En la figura 12. Tenemos un peso “g” y lo trasladamos en una dirección cualquiera hasta g1, este traslado lo descomponemos en otros tres: uno en sentido vertical gg2, otro en sentido horizontal longitudinal, gg3, y finalmente otro en sentido horizontal transversal gg4. (7)

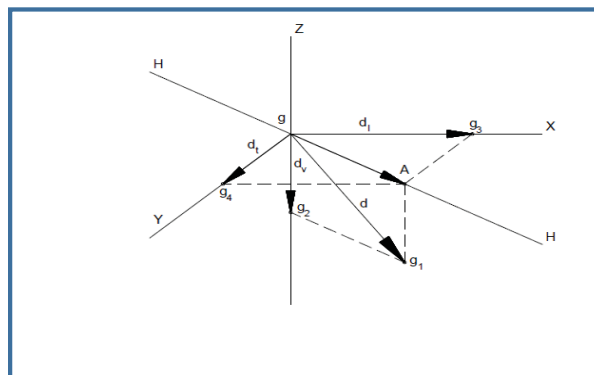


FIG. 12. Descomposición vectorial del centro de gravedad

Naturalmente si el traslado del peso de gg_1 en un sentido cualquiera, trae como consecuencia un movimiento del centro de gravedad del buque "G", paralelo a gg_1 y una distancia $GG_1 = \frac{P * gg_1}{\Delta}$, al descomponer el traslado gg_1 en los tres movimientos: vertical, longitudinal y transversal, también se habrá movido el "G" del buque en sentido vertical, longitudinal y transversal, de forma que:

$$\uparrow GG_2 = \frac{P * gg_2}{\Delta}, \uparrow GG_3 = \frac{P * gg_3}{\Delta}, \uparrow GG_4 = \frac{P * gg_4}{\Delta}$$

Por tanto habremos descompuesto el movimiento del centro de gravedad del buque en una dirección cualquiera GG_1 , en tres movimientos, uno en sentido vertical GG_2 , otro en sentido longitudinal GG_3 y otro transversal GG_4 .

A la distancia gg_2 le llamaremos distancia vertical, dv ; a la longitudinal gg_3 , dl , y a la transversal gg_4 dt . (7)

2.4. RADIO METACENTRICO, CURVAS HIDROSTATICAS

2.4.1. METACENTRO Y RADIOS METACENTRICOS TRANSVERSALES

Recibe el nombre de metacentro, a los centros de curvatura de la curva "C" proyección, y radios metacéntricos a los radios correspondientes de esta curva.

2.4.1.1. METACENTRO Y RADIO METACENTRICO

En la figura (2.3) tenemos el plano de inclinación transversal del buque, y varias flotaciones correspondientes al giro del buque en su movimiento de balance, alrededor del eje de inclinación. Debido a estos movimientos, el centro de carena se mueve en el plano de inclinación describiendo la curva "C" proyección $C_0 C_1 C_2 \dots C_3$.

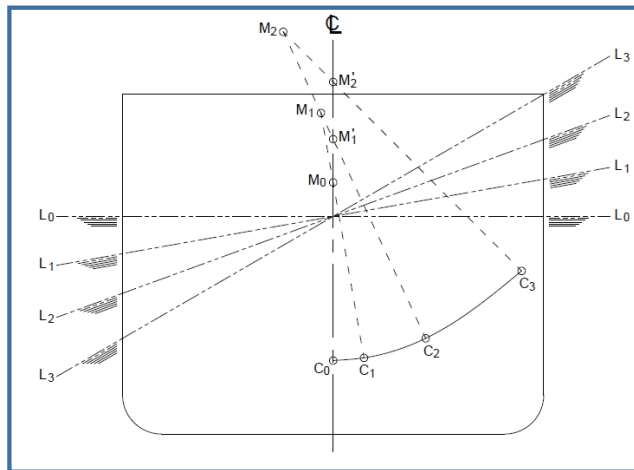


FIG.13. Variación del Metacentro

Según la definición general, son metacentros, todos los puntos M_0, M_1, M_2 , centros de curvatura de puntos infinitamente próximos de la curva "C" proyección; y radios metacéntricos, todos los radios de curvatura de la curva "C" proyección, entre puntos infinitamente próximos; $C_0 M_0, C_1 M_1, C_2 M_2$.

El metacentro transversal, es el referido al Metacentro inicial M_0 , el cual se supone invariable hasta flotaciones comprendidas entre 7° y 10° , según las formas del buque.

Podemos pues definir el Metacentro transversal, como el centro de curvatura de la curva "C" proyección, en el movimiento inicial de balance del buque, 10° a cada banda aproximadamente; situado en el plano diametral y en el plano de inclinación transversal del buque (recordemos que plano de inclinación, es la perpendicular al eje de inclinación que contiene al centro de carena en su posición inicial, C_0 , en el plano diametral).

Radio metacéntrico transversal, es el radio de la curva "C" proyección en su movimiento inicial de balance, unos 10° a cada banda, en que se supone la curva "C" proyección una circunferencia, y por tanto el radio constante, $C_0 M_0$.

La ordenada vertical del metacentro transversal, KM , viene en las curvas hidrostáticas en función del calado o del desplazamiento del buque; como también vienen los valores KC , tenemos que el radio metacéntrico transversal.

$C_0 M_0 = KM_0 - KC_0$. El radio metacéntrico transversal, se le suele denominar también por una "r". (6)

2.4.2. CURVAS HIDROSTATICAS

El plano de las curvas hidrostáticas contiene una serie de graficas las cuales si ingresamos con el calado medio del buque se obtiene la información requerida en la solución de diferentes problemas que se presentan en la teoría del buque. Dichas graficas han sido generadas en base al plano de formas y por lo tanto son datos afectados por la geometría concreta de cada buque. (8)

Las curvas hidrostáticas dan para cada calado el desplazamiento, volumen sumergido, posición vertical y longitudinal del centro de carena, área de la flotación, posición longitudinal del centro de flotación, coeficiente de afinamiento, se muestra en la siguiente figura.

Figura 10

Curvas Hidrostáticas.

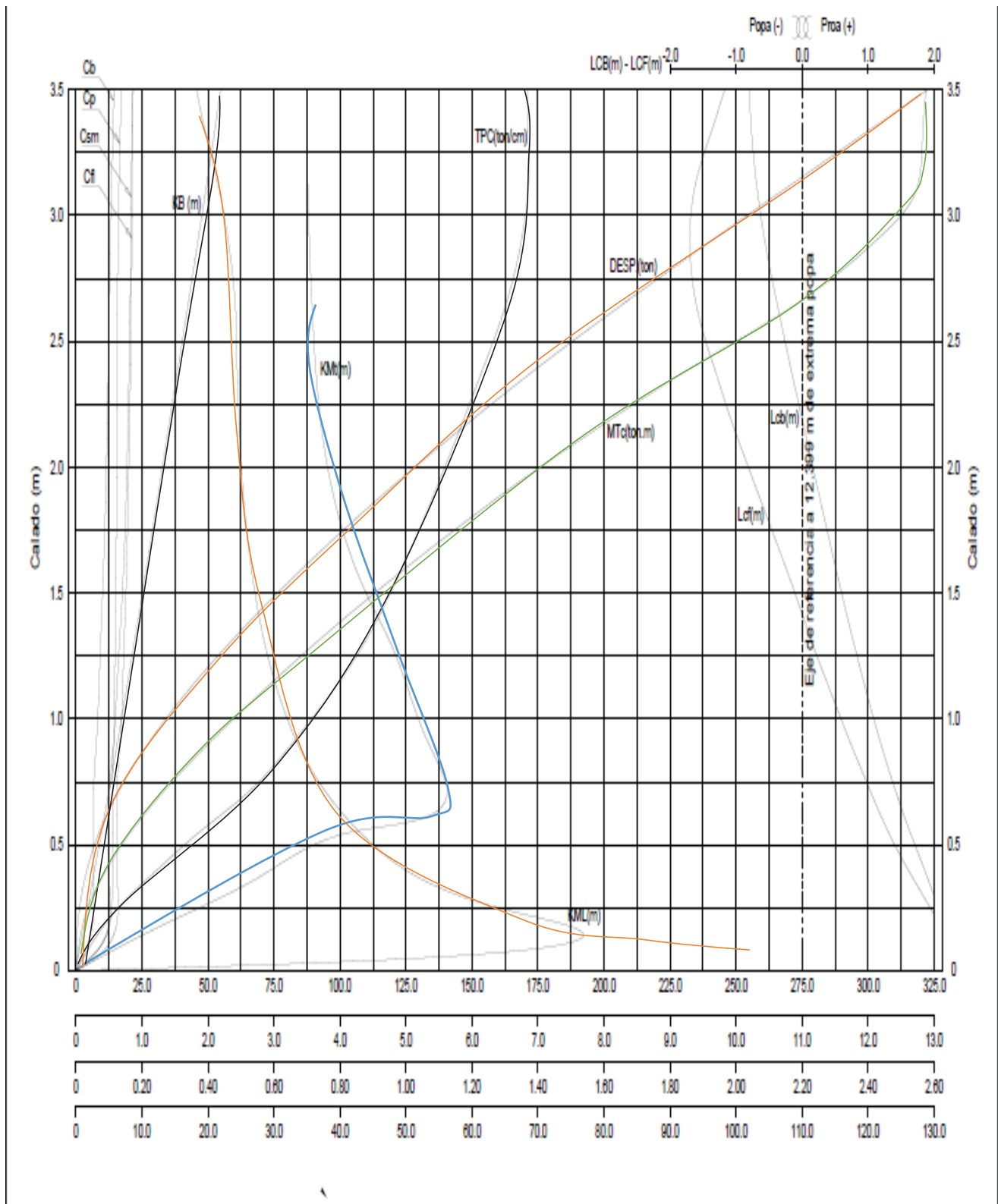


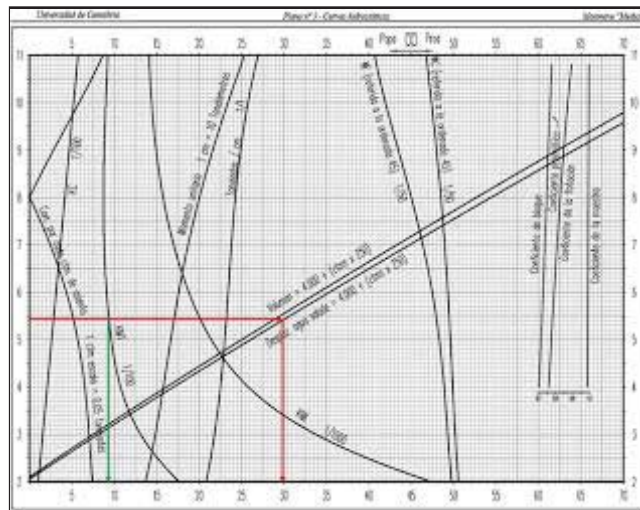
DIAGRAMA DE DESPLAZAMIENTOS, CALADOS, ALTURA METACENTRICAS Y MTC

2.4.3. CURVAS CRUZADAS

Durante el escoramiento del buque se tiene las cuñas de iguales valores de emersión e inmersión manteniéndose constante el volumen sumergido, mas no la forma, pero a su vez variando la posición del centro de carena producido por el traslado de la cuña de emersión a la de inmersión con un brazo trazado entre los centros de gravedad de las cuñas.

Por el método de las cuñas, las curvas cruzadas que son parte de la información del buque y que se disponen a bordo; permitiendo calcular la curva GZ.

El método de las cuñas depende del KG del buque valor que varía de acuerdo a la condición de carga, asumiendo que el centro de gravedad KG es igual a cero se pueden calcular los brazos GZ que se denominan KN para diferentes desplazamientos y escoras con lo cual se obtiene las curvas cruzadas. (8)



CALCULO DEL BRAZO ADRIZANTE Y EL KN

Una aplicación del método de las cuñas se tiene en la determinación del brazo adrizante que se verá más adelante y la cual deducimos.

$$GZ = KN - KG * GM (\text{SEN} \theta)$$

$$KG = 0$$

$$GZ' = KN$$

2.5. PRINCIPIOS GENERALES

2.5.1. ESTABILIDAD GRAVITACIONAL

Una barcaza debe estar provista de una flotabilidad adecuada para soportarse a sí mismo y sus contenidos o cargas transportadas. Es igualmente importante que la flotabilidad exista de tal forma que la barcaza flote con la actitud adecuada y se mantenga en posición recta. (9)

Esto tiene que ver con los cálculos de estabilidad gravitacional y trimado. El presente trabajo de tesis se centrará en estos conceptos en relación con condiciones estáticas en aguas calmadas, así como el impacto que tendrá una carga externa.

Es importante reconocer que una barcaza en su entorno natural está sujeta a fuerzas dinámicas causadas principalmente por las pequeñas corrientes del río y el viento. La respuesta específica de una barcaza a las corrientes es tratada típicamente de forma separada como análisis de estabilidad dinámica la cual no será tomada en cuenta para nuestro trabajo.

También es importante resaltar que una barcaza puede sufrir inclinaciones en cualquier dirección.

2.5.2. ESTABILIDAD.

Es la propiedad que tiene una barcaza de recobrar su posición de equilibrio inicial, cuando cargas exteriores como el viento y el peso de la grúa, lo sacan de su posición inicial. (5)

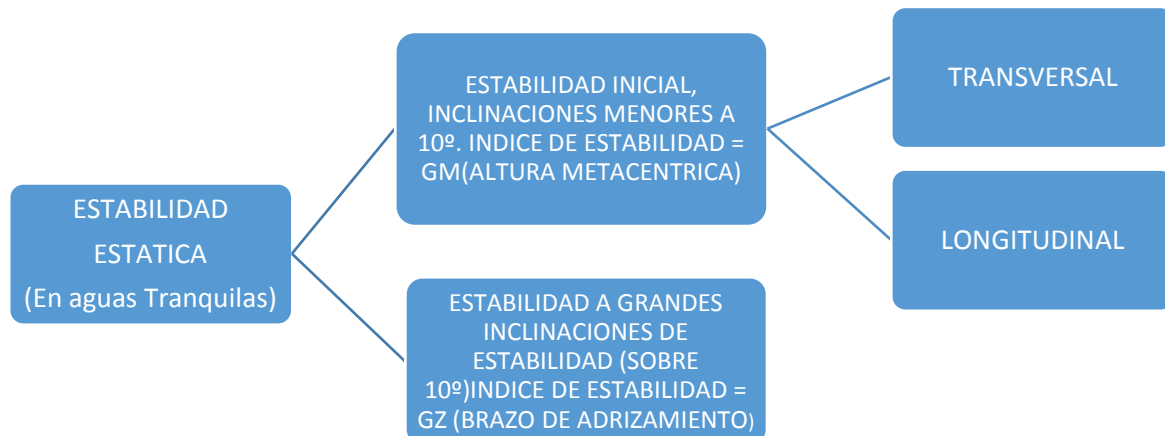
2.5.2.1. CLASIFICACION DE ESTABILIDAD.

Atendiendo al concepto de estabilidad podemos distinguir:

➤ ESTABILIDAD ESTÁTICA

El conjunto de fuerzas que actúan sobre un cuerpo en flotación genera como resultado una escora determinada.

A su vez, la estabilidad estática se puede clasificar en:



2.5.2.2. ESTABILIDAD INICIAL

Compone el estudio de la estabilidad de la barcaza para inclinaciones iguales o menores a 10° a cada banda, el centro de boyantes o carena "B" o "C", describe un arco de circunferencia. El centro de ese arco es el metacentro transversal. De allí que para inclinaciones menores a 10° puede asumirse KM constante (se asume como punto fijo). (5)

Supóngase la barcaza, cuyo corte transversal se muestra en la figura inferior, en posición de equilibrio, su peso (desplazamiento D) aplicado en el centro de gravedad G. se ve equilibrado por el empuje E, aplicado en el centro de carena C.

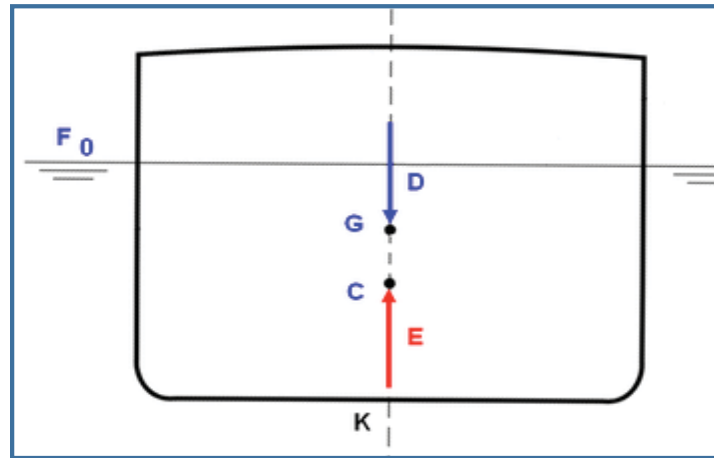


FIG. 15. Estabilidad Transversal

El desplazamiento se mantiene invariable y aplicado en G.

El empuje también se mantiene constante pues su carena lo es, pero no así su forma.

Por lo que el centro de carena se desplaza a la posición C1. Se genera así una nueva recta de acción y un momento adrizante $M = D.GZ$, que tiende a hacer regresar a la barcaza a su posición inicial. (5)

El secreto para comprender el efecto de la estabilidad transversal de la barcaza radica en entender que todas las fuerzas se mantienen constantes pero no así el punto de aplicación del empuje, que merced a la forma del casco, hace que el centro de gravedad del volumen de agua desplazado.

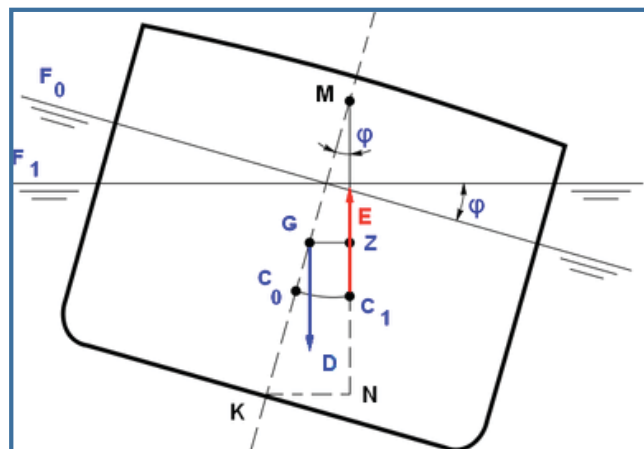


FIG.16. Puntos importantes en un escoramiento

De esto se deduce que si un cuerpo flotante sufre una escora, esta será revertida al cambiar de posición el centro de carena (C). Si el centro de carena no cambia de posición, el cuerpo zozobra. Ese es el caso de un buque con forma de cilindro, cualquier cambio en la disposición de la carga lo haría zozobrar. (5)

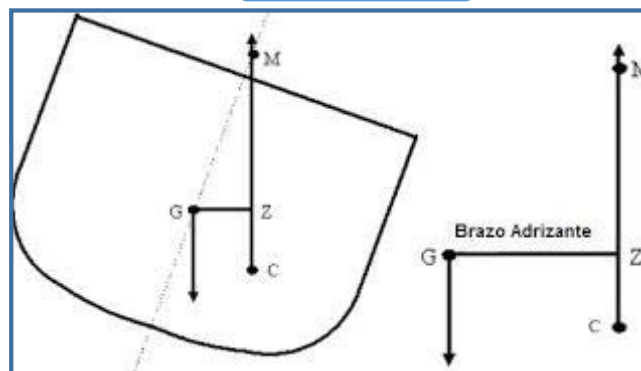
2.5.2.3. DETERMINACION DEL BRAZO ADRIZANTE (GZ)

El brazo adrizante es el parámetro más importante de la estabilidad pues representa el valor de la separación del par de fuerzas que va a adrizar la barcaza, en el instante que desaparezca el momento escorante.

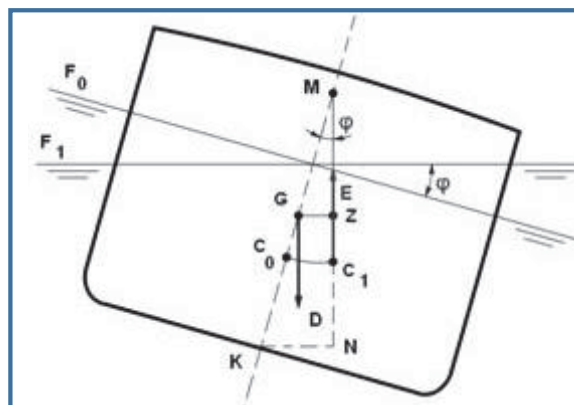
Observando la figura veremos que el Desplazamiento (D) está actuando hacia abajo sobre G, y el empuje (E) sobre C' y hacia arriba, creando de este modo un par de fuerzas, cuyo brazo es el GZ. Este brazo será perpendicular a la vertical del empuje (E), y al actuar sobre el buque lo hace girar en el sentido de la flecha, adrizándolo. Momento del Par de Estabilidad. (7)

El valor del brazo adrizante viene dado por:

$$\overline{GZ} = \overline{GM} * \sin \theta$$



Par de estabilidad estática transversal, si un buque adrizado escora un ángulo ϕ inferior a 10° , pasará de la flotación F_0 a F_1 y el desplazamiento continuará actuando en G por no haberse variado la posición de los pesos. (7)



Del triángulo rectángulo formado por los puntos GZM se deduce que.

$$GZ = GM * \text{SEN}\theta$$

Por lo que debemos abocarnos a la determinación del segmento GM (altura metacéntrica) para poder cuantificar el brazo adrizante.

$$GM = KM - KG$$

La coordenada vertical del punto M (KM) es una variable en función del calado del buque, es decir de la condición de carga en el instante considerado. Se obtiene de las curvas de hidrostáticas que son suministradas por el astillero.

Resta ahora determinar KG esto es, la posición vertical del centro de gravedad de barcaza. El que también es una variable y depende entre otros muchos factores de la distribución de pesos a bordo.

Este valor surge de la aplicación del concepto de sumatorias de momentos estáticos respecto de un plano (teorema de Varignon). Es decir, en un sistema de fuerzas, el momento de la resultante es igual a la sumatoria de los momentos de las componentes parciales.

En la actualidad todos estos cálculos se efectúan mediante programas de ordenadores que no solo agilizan la operación sino que aseguran la exactitud.

Para el desplazamiento calculado se obtiene de las curvas hidrostáticas, el calado para agua dulce según sea el caso y la posición vertical del punto M (KM)

Una vez determinado la coordenada vertical del centro de gravedad (KG) se estará en condiciones de determinar el segmento GM. Y del análisis de éste se tendrá una idea de la estabilidad transversal inicial.

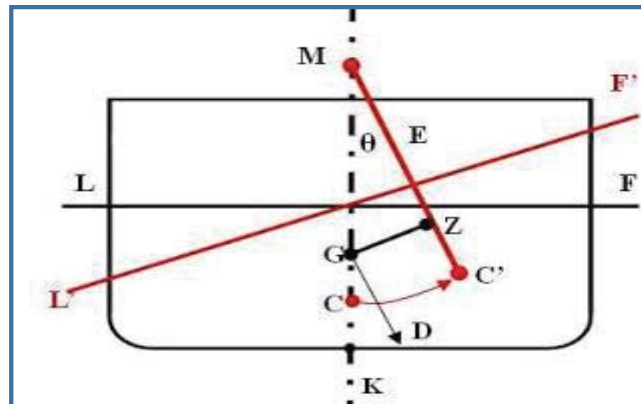
Se deberá tener en cuenta la estabilidad a grandes ángulos y la estabilidad dinámica para conocer en profundidad el grado de seguridad que brinda una determinada condición de carga. (7)

El peso propio de la barcaza y la fuerza de empuje forman un par de fuerza con la distancia GZ y proporcionan un par adrizante. La estabilidad se puede medir según esta distancia o el metacentro que ya sabemos que el punto de intersección de dos ejes.

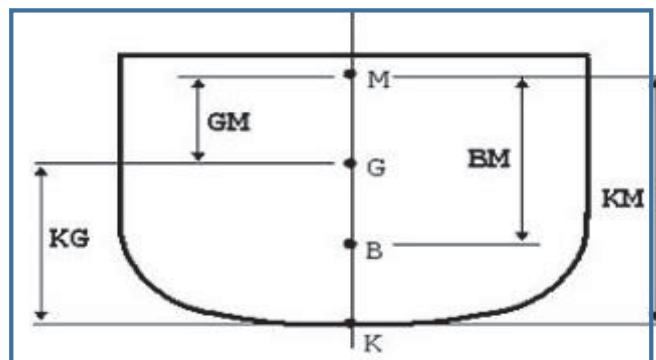
El metacentro no depende de la situación del centro de gravedad, solo depende de la forma de la parte del cuerpo sumergida y del desplazamiento.

2.5.2.4. METACENTRO (M).

El metacentro (M) es el punto de intersección de las líneas verticales trazadas desde el centro de carena a pequeños ángulos de escora consecutivos, y se puede equiparar a un eje central cuando la barcaza está inclinado a pequeños ángulos de escora. Su altura se mide desde el punto de referencia (K) y, por consiguiente, se denomina KM. (8)

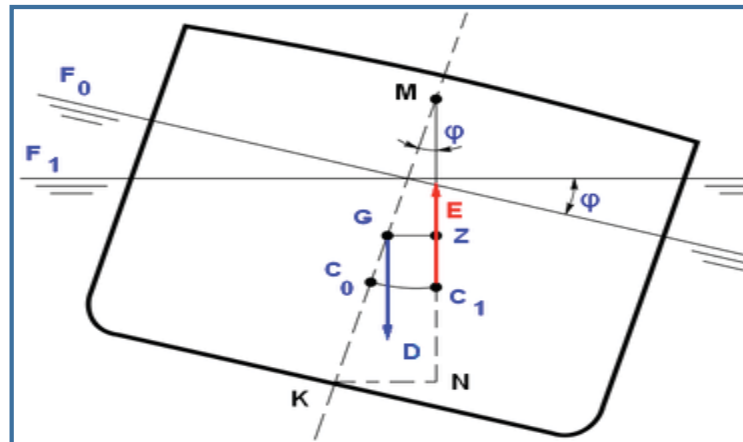


La distancia CM o BM o radio metacéntrico, así como KC, se encuentran en las curvas hidrostáticas mientras que la distancia KG es la altura del centro de gravedad sobre la quilla, por lo que la altura metacéntrica (GM) será la diferencia entre KM y KG. (8)



2.5.2.5. ALTURA METACENTRICA TRANSVERSAL

Distancia entre el centro de gravedad (G) y el metacentro (M).



Se define así al segmento GM. Es la ubicación relativa de dos puntos importantísimos para definir el equilibrio de un cuerpo flotante. El primer punto es el centro de gravedad (G) y el otro el metacentro transversal inicial con ordenadas KG y KM respectivamente. (7)

Si tomamos como origen de las coordenadas a la línea base tendremos que:

$$\overline{GM} = \overline{KM} - \overline{KG}$$

La posición del metacentro inicial la obtenemos de las tablas hidrostáticas, o bien, al tener el radio metacéntrico transversal le sumaremos a la altura del centro de carena de esta manera:

Algunas fórmulas para el cálculo de la altura metacéntrica:

$$\overline{GM} = \overline{KM} - \overline{KG}$$

$$\overline{GZ} = \overline{GM} * \sin \theta$$

$$\text{Tan} \theta = \frac{P * dt}{D * GM}$$

Efecto de analizar el equilibrio de un buque podemos afirmar que el mismo será:

- Estable si : $\overline{KM} > \overline{KG}$ ----- $GM > 0$
- Inestable si : $\overline{KM} < \overline{KG}$ ----- $GM < 0$
- Indiferente si : $\overline{KM} = \overline{KG}$ ----- $GM = 0$

Según sea la altura metacéntrica, positiva, negativa o nula. (8)

2.5.2.6. CRITERIO DE LA OMI

La Organización Marítima Internacional, (OMI) fijó un criterio de orden mundial para los buques, barcasas, carga y pasajeros menores a 100 m de eslora.

Este criterio puede ser resumido en las siguientes pautas:

- La altura metacéntrica corregida por superficies libres debe ser mayor a 0,15 m.
- El máximo valor de la curva de brazos GZ será para las escoras de 30° o más
- La curva de brazos GZ a partir de 30° deberá tener brazos mayores de 0,20 m.
- El área encerrada por la curva de brazos GZ y la ordenada de 40° será igual o mayor a de 0,090 m*radián.
- El área encerrada por la curva GZ y las ordenadas de 30° y 40° de escora y/o la ordenada correspondiente al ángulo de inundación (si fuera menor a 40°) deberá ser mayor de 0.030 m*radián.
- El área encerrada por la curva de brazos GZ y la ordenada de la escora de 30° será igual o mayor a 0,055 m*radián.

La OMI fija además la forma en que debe corregirse la altura metacéntrica por la acción de superficies libres. (10)

2.6. EQUILIBRIO Y ESTABILIDAD

La estabilidad es la capacidad de la barcaza de volver a su posición de equilibrio, al detenerse la fuerza externa que lo había apartado de la misma.

El equilibrio de una barcaza puede caracterizarse únicamente de dos formas: equilibrio estable o equilibrio no estable.

Dentro del concepto de equilibrio no estable, se distingue entre el equilibrio inestable, cuando al ser desviado de su posición de equilibrio de la barcaza tiene tendencia a seguir apartándose de ésta última, y el equilibrio indiferente, cuando la barcaza permanece en la posición en la que le haya dejado la fuerza aplicada.

En este caso, la resultante de todas las fuerzas gravitatorias (pesos) actuando hacia abajo y la resultante de las fuerzas de flotación (empuje) actuando hacia arriba sobre el cuerpo son iguales y son aplicadas en la misma línea vertical. Para que esto ocurra, el centro de gravedad (G) deberá encontrarse por debajo del metacentro (M). (6)

2.6.1. ANALISIS DE EQUILIBRIO

La condición de estabilidad de una barcaza depende del par de estabilidad y éste depende de las posiciones del centro de gravedad y centro de carena.

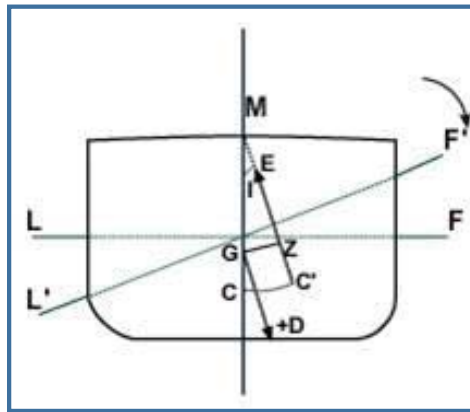
Las situaciones relativas que pueden ocupar el centro de carena (C), el centro de gravedad (G) y el metacentro (M), definen el equilibrio inicial del buque. (6)

Así, pueden definirse las siguientes situaciones de equilibrio:

2.6.1.1. EQUILIBRIO ESTABLE

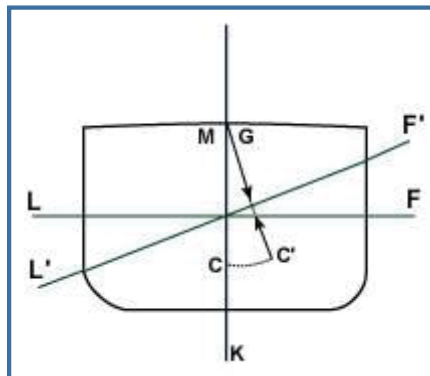
Cuando al escorar la barcaza, a causa de una fuerza exterior, M se encuentra situado por encima de G, el brazo del par generado hace adrizar al buque. (6)

$$GM (+) \quad KM > KG$$



2.6.1.2. EQUILIBRIO-INDIFERENTE

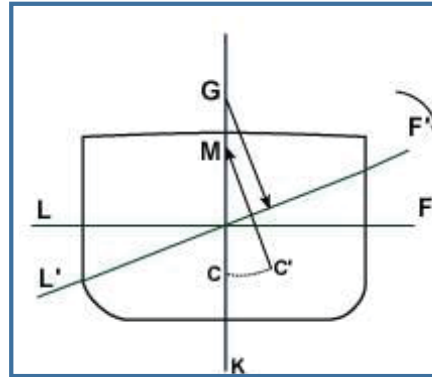
En el caso de que coincidan G y M no se genera ningún par de fuerzas por lo que la barcaza quedará en la posición escorada GM nulo. (6)



$$KM=KG$$

2.6.1.3. EQUILIBRIO INESTABLE

Cuando el centro de gravedad se halle más alto que el metacentro, el par de estabilidad hará girar la barcaza en el sentido de la flecha y por tanto aumentaría su escora. (6)



$$GM (-) \quad KM < KG$$

2.7. CARACTERISTICAS DE LA BARCAZA CON INFLUENCIA DE ESTABILIDAD.

2.7.1. TERMINOLOGIA DE LA BARCAZA

Al objeto de analizar la condición de estabilidad de la barcaza, se tomarán en consideración las siguientes dimensiones principales del mismo:

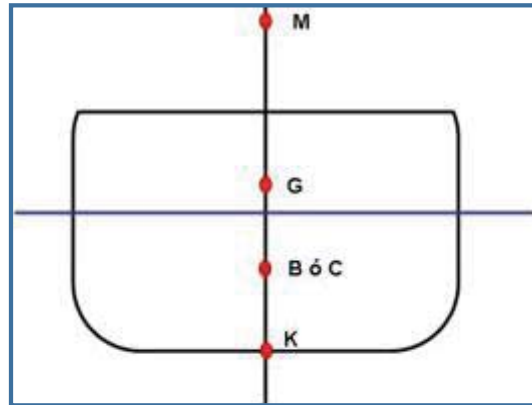
- **ESLORA (E).**- Distancia medida en el sentido longitudinal del buque sobre el plano transversal.
- **MANGA (M).**- Distancia medida en el sentido transversal de la barcaza.
- **CALADO (C).**- Distancia medida en el sentido vertical desde un punto cualquiera de una flotación y la línea base del buque.
- **C_{pp}**: calado de popa, medido en la perpendicular de popa.
- **C_{pr}**: calado de proa, medido en la perpendicular de proa.
- **C_m**: calado medio, medido en la vertical del centro de gravedad de la flotación que se considere.

$$C_m = \frac{C_{pr} + C_{pp}}{2}$$

- **CARENA.**- Se define el volumen sumergido (V) o carena al volumen limitado por el casco y la superficie de flotación. Así, el centro de carena C, es el centro de gravedad del volumen sumergido y se corresponde con el centro de presión del agua sobre el casco. (7)

2.7.2. PUNTOS FUNDAMENTALES EN LA ESTABILIDAD DE LA BARCAZA

Estos puntos son todos imaginarios, o sea no pueden ser vistos ni están marcados en ninguna parte de la barcaza. (8)



- **PUNTO (K)**

Es el punto de partida para la medición de los tres puntos restantes que interesan a la estabilidad de la barcaza. Se encuentra sobre la línea de intersección del plano de crujía y el plano base.

La ordenada de dichos tres puntos son medidas desde allí, a partir de ahora lo denominaremos «K»

- **PUNTO (B ó C)**

Está en el centro geométrico de la obra viva o carena. Se lo denomina «Centro de boyantes», baricentro (B) o centro de carena (C). No confundir con centro de flotación.

Sobre el actúa la resultante de todos los empujes hidrostáticos verticales, de abajo hacia arriba que actúan en la carena.

Como ya se vio, la masa de agua desplazada por la carena es igual a la masa de la barcaza. Esto significa que el agua desplazada por la carena pesará exactamente lo mismo que la barcaza.

Cabe destacar que el baricentro se mueve en todos los sentidos cuando la barcaza navega en aguas agitadas, cuando la barcaza se escora y/o cabecea debido a fuerzas externas.

La distancia del mismo hasta K es la ordenada del baricentro (KB) ó (KC).

Si la carena fuera un prisma rectangular, su valor sería exactamente del calado medio. (8)

- **PUNTO (G)**

Es el centro de gravedad (G). Desde él actúa la resultante de la fuerza de gravedad sobre todas las diferentes masas que componen la barcaza.

Su posición respecto a la quilla es conocida como la ordenada del centro de gravedad (KG) y es registrada en los libros de estabilidad del buque para desplazamiento liviano, debiendo el oficial calcularla de acuerdo a como haya procedido a cargar la barcaza. (8)

- **PUNTO (M)**

Cuando el baricentro se mueve ligeramente debido a pequeñas escoras (5° a 10°), la vertical que partiendo del baricentro cruza el plano de crujía lo hace en un punto que se mueve muy poco. Este punto es conocido como Metacentro (M).

Lo podemos definir como la meta superior que puede alcanzar el centro de gravedad G para que la barcaza genere brazos adrizantes, si lo sobrepasa cuando la barcaza escora generará brazos escorantes.

La distancia de la quilla al metacentro es la ordenada metacéntrica (KM), y está registrada en los libros de estabilidad del buque para diferentes condiciones de carga.

La distancia entre G y M se denomina altura metacéntrica (GM), y nos permite controlar convenientemente la seguridad y el trabajo desarrollado por la barcaza.

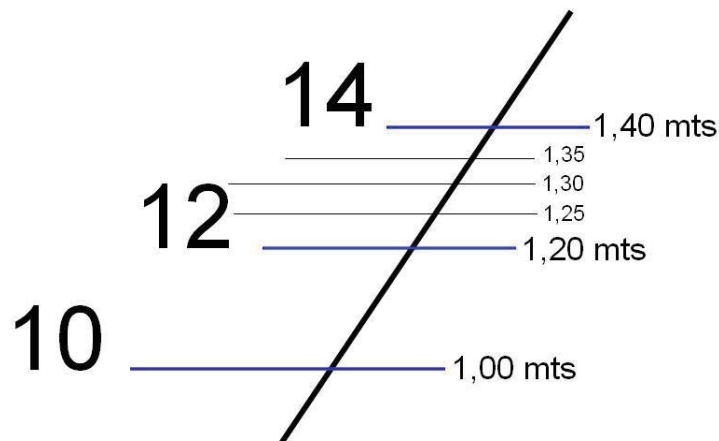
Ahora bien, antes de estudiar el centro de gravedad debemos conocer lo que es Momento y es el producto de un peso o una fuerza, por la distancia desde donde actúa, con respecto a un punto. Es por ello imprescindible entender el concepto de los momentos cuando tratamos la estabilidad de la barcaza. (8)

2.8. ESTABILIDAD TRANSVERSAL

La estabilidad transversal se consideró sin carga a escora nula para calcular la altura metacéntrica vs desplazamiento, el cual es muy importante para saber el comportamiento de la barcaza.

➤ **Calado.-** Son los centímetros que se sumerge la barcaza.

Los calados que se presentan en el presente trabajo se miden en escalas situadas a cada decímetro empezando desde el fondo hasta la altura máxima que es de 1.80 metros, el puntal de la barcaza.



Luego de definir los calados a considerar con apoyo de la herramienta del solidwork dibujamos el sólido y cada 0.1 metro empezando desde el fondo calculamos su volumen que nos representara para nosotros el peso del volumen desalojado o desplazamiento respectivo para cada calado. (9)

Y lo veremos en los cuadros hidrostáticos que para cada calado le corresponde un desplazamiento respectivamente, estos datos son muy importantes porque nos permite calcular todos los parámetros de estabilidad incluidos los momentos de inercia que se generan.

- **Desplazamiento (Δ).**- por la ecuación de Arquímedes de flotación plantea que **volumen sumergido = volumen de agua desplazada**, el cual tenemos el peso que puede cargar la barcaza para diferentes calados (los cálculos se realizaron en solidwork), para diferentes calados por ser muy operativa.
- **Distancia vertical del Baricentro (KB).**- Es la distancia al baricentro o centro de boyantes donde la fuerza de empuje del agua aplica sobre la barcaza.
- **Distancia del metacentro transversal (KMt).**- se mide desde la quilla hasta el punto del metacentro de acuerdo a la siguiente relación.

$$KM_t = \frac{I_{XX}}{\Delta}$$

- **Altura Metacéntrica (GM_t).**- Esta altura es muy importante determinar porque es la que nos dice si la barcaza es Estable, Indiferente o Inestable.

$$GM_t = KM_t - KG$$

- $GM_t > KG$ Estable
- $GM_t < KG$ Inestable
- $GM_t = KG$ Indiferente

Para la barcaza se realizó para cada 10 cm de calado ya que depende del volumen desplazado.

- **Segundo momento de área (I_{XX}).**- El segundo momento de área es una propiedad geométrica, para la transversal es calculado en función a la manga ya que el segundo momento de inercia es para un rectángulo. Para la barcaza se realizó para cada 10 cm de calado.

$$I_{XX} = \frac{1}{12} b^3 E$$

- **Toneladas por centímetro de inmersión (TCP).**- Representa las toneladas por centímetro de calado que puede cargar la barcaza.

$$(TCP) = \frac{\Delta}{calado * 100}$$

- **Distancia Vertical (KMt).**- Es la distancia medido desde la quilla de la barcaza al metacentro y que es nuestro nivel de referencia para realizar los cálculos.

$$KM_t = KG + GM_t$$

2.9. ESTABILIDAD LONGITUDINAL

La estabilidad longitudinal es similar a la estabilidad trasversal pero con otras notaciones ya que la estabilidad longitudinal es más estable que la estabilidad trasversal también considerando un trimado nulo y sin carga.

- **ALTURA METACENTRICA (GML).**- Esta altura es muy importante porque determina si la barcaza es estable, indiferente o inestable.

$$GM_L = \frac{I_{YY}}{\Delta}$$

También se calculó para cada 10 cm de calado.

- **SEGUNDO MOMENTO DE AREA (I_{YY}).**- El segundo momento de área es una propiedad geométrica, para la longitudinal es calculado en función de la eslora ya que es el mayor segundo momento de área es para un rectángulo, para la barcaza se realizó para cada 10 cm de calado.

$$I_{YY} = \frac{1}{12} E^3 * M$$

- **MOMENTO PARA TRIMAR UN CENTIMETRO (MTC).**- Es el momento que realiza una determinada carga sobre la barcaza para trimar 1cm respecto LCF.

$$MTC = \frac{\Delta * GM_L}{100 * E}$$

- **POSICION LONGITUDINAL DEL CENTRO DE BOYANTEZ (LCF).**- Es la distancia longitudinal donde la barcaza esta su centro de boyantes donde se encuentra la línea de crujía a la longitudinal.

2.10. CONSIDERACIONES PREVIAS SOBRE LA BARCAZA Y CARGA

2.10.1. TIPOLOGIA DE OPERACIÓN.

Tal como hemos comentado anteriormente, centraremos el presente trabajo en la operación de descarga de una carga pesada, siendo ésta el trabajo más crítico de operación. El hecho de centrarnos en la operación de descarga frente a la de carga no representa diferencias sustanciales en relación con el estudio de estabilidad y la planificación de la operación. No obstante, la operación de descarga puede enfrentar al profesional marítimo a una serie de cuestiones específicas que deberán ser analizadas para asegurar la seguridad de la operación.

FIGURA 10

PLANIFICACION DE OPERACION

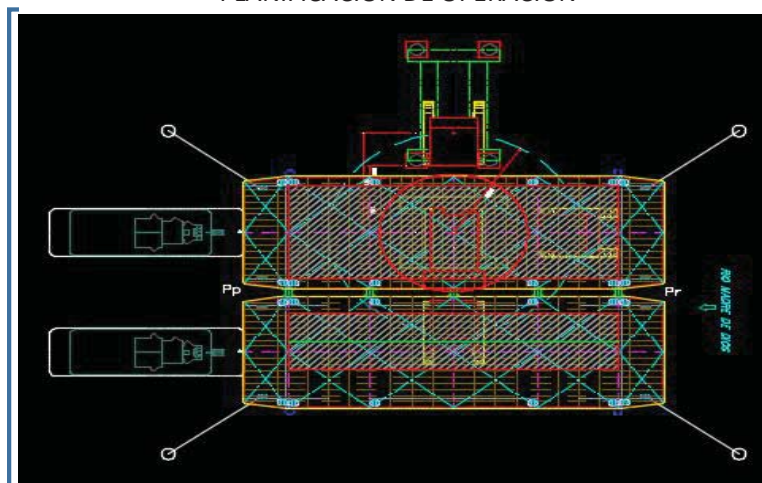
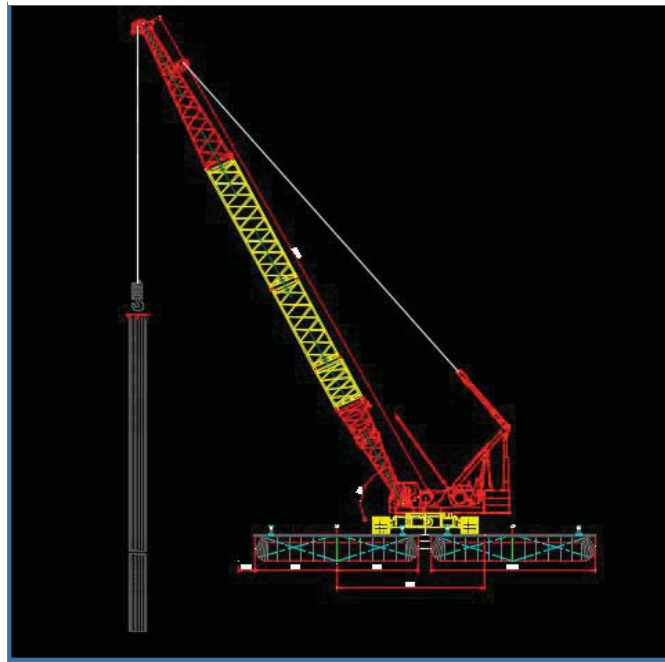


FIGURA 11

POSICION DE ANCLAJE



2.10.2. TIPOLOGIA DE LA BARCAZA

La nave consiste en una barcaza especialmente diseñada para el transporte y plataforma de maniobras de cargas pesadas.

FIGURA 12

VISTA FRONTAL

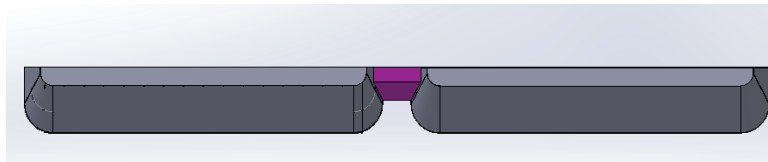


FIGURA 13

VISTA LONGITUDINAL

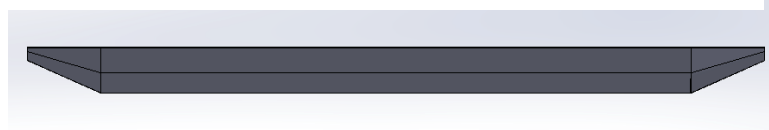


FIGURA 14

VISTA DE PLANTA

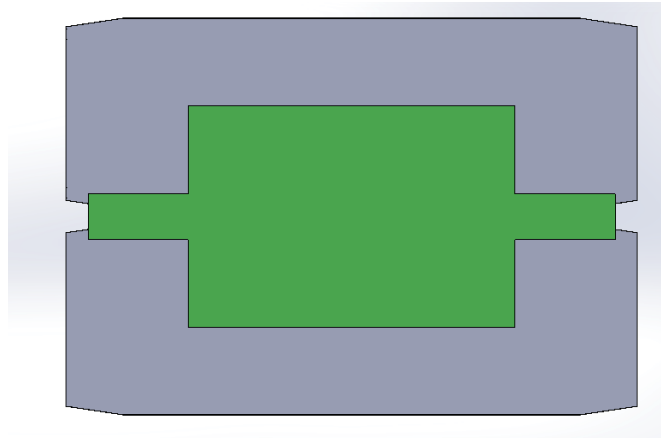


FIGURA 15

VISTA ISOMETRICA

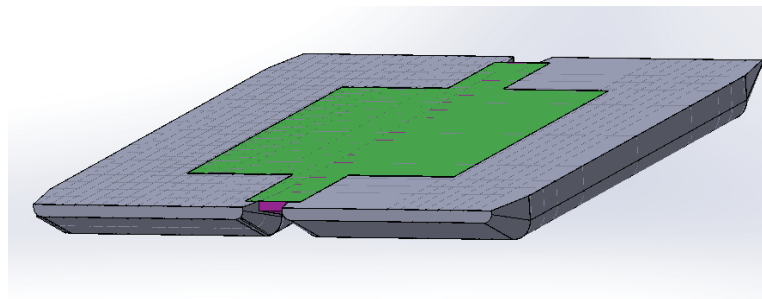


FIGURA 16

LANZAMIENTO DE LABARCAZA

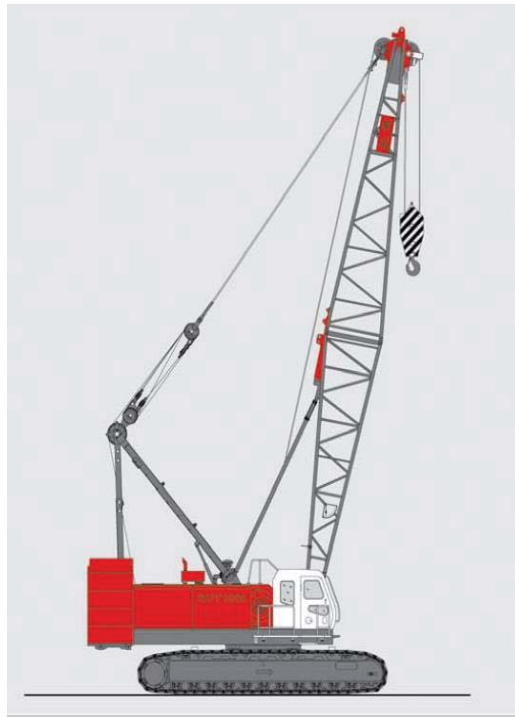


2.10.3. TIPOLOGIA DE CARGA

La carga consiste en una grúa móvil de modelo QUY 100 de 145 toneladas de peso. De grandes dimensiones (6m x4m de ancho) en la zona de contacto con la plataforma y el elevado peso autopropulsado, es decir, dotada de su propio sistema de tracción accionado por un motor.

FIGURA 17

MODELO DE LA GRUA



2.10.4. ATRAQUE DE LA BARCAZA

Para poder efectuar el desembarque de los pilotes por la rampa de popa, debemos realizar el montaje de la grúa haciendo uso de una grúa auxiliar.

FIGURA 18

POSICIONAMIENTO DE LA BARCAZA EN EL MUELLE

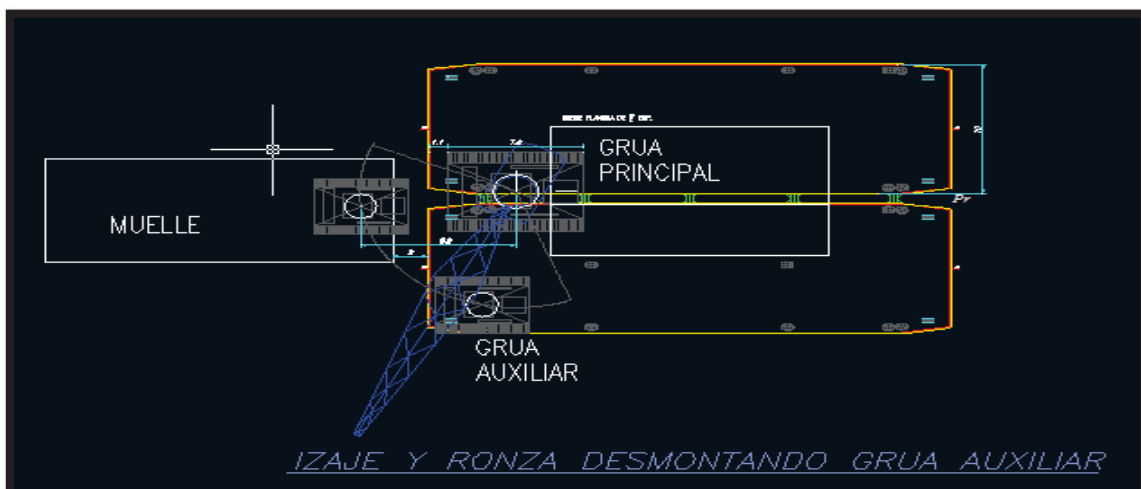


FIGURA 19

MUELLE, PUNTO DE EMBARQUE DE PILOTES



2.11. HERRAMIENTAS DE CÁLCULO Y DISEÑO.

2.11.1. CALCULO A LA RESISTENCIA.

El cálculo de la estructura, o escantillonado, de la barcaza multicasco es uno de los problemas más críticos e importantes que se plantean durante el desarrollo del proyecto de tesis.

Calculamos para ello, de acuerdo con la teoría de resistencia de materiales y partiendo de la carga nominal, el esfuerzo nominal, en los puntos críticos de la pieza, y lo comparamos con un esfuerzo admisible, o, a la viceversa, partiendo de la carga nominal y de los esfuerzos admisibles, calculamos las dimensiones que habrán de tener las zonas críticas. (11)

Esfuerzo normal producido por una fuerza longitudinal : σ_n

Esfuerzo normal producido por un momento flector : σ_f

Esfuerzo cortante producido por fuerzas transversales : τ_c

Esfuerzo cortante producido por un momento torsor : τ_t

ESFUERZO NORMAL RESULTANTE DE UNA FUERZA LONGITUDINAL Y MOMENTOS FLECTORES

En una sección transversal A actúan, por ejemplo simultáneamente la fuerza longitudinal F_z y los momentos flectores M_{fx} y M_{fy} . A partir de las medidas de la sección transversal se calcula A , I_x y I_y . Para un punto cualquiera de la sección transversal se obtiene el esfuerzo normal resultante.

$$\sigma_n = \frac{M * c}{I}$$

ESFUERZO CORTANTE RESULTANTE

Los esfuerzos cortantes se producen por las fuerzas transversales y por los momentos de torsión. En el contorno de la sección transversal, los esfuerzos tienen siempre dirección tangencial.

$$\tau = \frac{VQ}{It}$$

2.11.2. DEFORMACION DEBIDO A FLEXION

Frecuentemente, el diseño de una viga queda determinado más por su rigidez que por su resistencia. Por ejemplo, al diseñar elementos de máquinas para trabajos de precisión, tales como tornos, prensas, limadoras, etc., las deformaciones deben permanecer por debajo de las tolerancias admisibles del trabajo que se va a realizar. (11)

$$EI \frac{d^2y}{dz^2} = M \quad \text{Ecuación diferencial de la elástica}$$

El producto EI , que se llama rigidez a la flexión, es normalmente constante a lo largo de la viga.

$$EI \frac{dy}{dz} = \int M dz + C_1 \quad \text{Ecuación de la pendiente}$$

$$EI y = \iint M dz dz + C_1 dz + C_2 \quad \text{Ecuación de la elástica}$$

2.11.3. FACTOR DE SEGURIDAD

Con el factor de seguridad (FS) se trata de cubrir las dudas o incertidumbre que se presenten durante el cálculo. Se define como una relación numérica de la siguiente manera: el factor de seguridad existente es la relación entre el esfuerzo límite del material y el esfuerzo de trabajo actuante. Este último corresponde, en general, al esfuerzo equivalente calculado a través de alguna teoría de falla adecuada. (11)

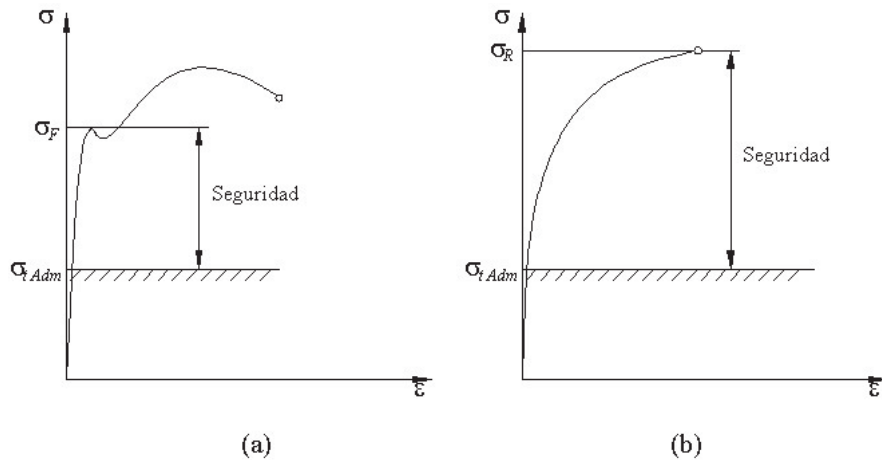


FIG. 20. Margen de Seguridad para los casos: a) Material Dúctil b) Material Frágil. Ref.: Rodríguez, Jorge. Resistencia de Materiales 2-A.

Esto último significa que si estamos dimensionando un cierto elemento, dado un cierto factor de seguridad mínimo que debe tener la construcción, el esfuerzo equivalente en el punto más crítico será tal que a lo más:

$$\sigma_{eq} = \frac{\sigma_{Lim}}{FS}$$

En la práctica bastará realizar el dimensionamiento de tal manera que:

$$\sigma_{eq} \leq \frac{\sigma_{Lim}}{FS}$$

Si definimos esfuerzo admisible (σ_{Adm}) como:

$$\sigma_{Adm} = \frac{\sigma_{Lim}}{FS} \quad \text{Donde:} \quad \sigma_{Adm} = \begin{cases} \sigma_F & \text{material dúctil} \\ \sigma_{Rt}, \sigma_{Rc} & \text{material frágil} \end{cases}$$

Entonces, al diseñar un elemento por resistencia se debe cumplir que:

$$\sigma_{eq} \leq \sigma_{Adm} = \frac{\sigma_{Lim}}{FS}$$

2.12. DISEÑO DE LA BARCAZA

Para el diseño de la barcaza se ha empleado diferentes fórmulas de acuerdo a las normas americanas ABS extraídas de diferentes libros de consulta que indico en la bibliografía y apéndice. (12)

2.12.1. ELEMENTOS ESTRUCTURALES

En primer lugar es necesario definir las características de la estructura. Tales características serán el objetivo o misión de la estructura en cuestión, su dimensionamiento, el material o materiales en que será construida y las técnicas de construcción.

2.12.2. CUADERNA MAESTRA

La cuaderna es un elemento importante de soporte transversal, situados según secciones transversales que tienen como funciones:

- a) Contribuir a la resistencia transversal de la barcaza.
- b) Ser soporte de los esfuerzos dinámicos que recibe el casco exterior y transmitido al resto de la estructura.
- c) Aumentar la esbeltez del costado para evitar el pandeo del mismo.

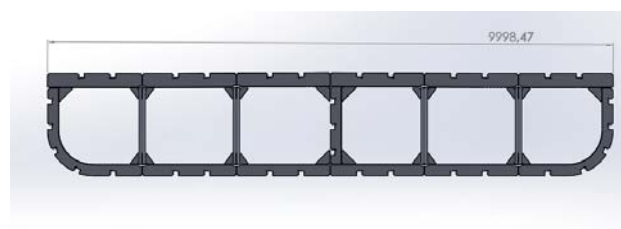
Las cuadernas están dispuestas de tres formas la primera:

Cuaderna Reforzada está constituida por 20 cuadernas por cada casco haciendo un total de 40 cuadernas en toda la barcaza, se denomina reforzada porque en sus elementos que la constituyen ya sean como baos, varengas pantoques, longitudinales, ángulos y cartelas.

Cuaderna no reforzada está constituida por 04 cuadernas por casco haciendo un total de 08 cuadernas en la barcaza, se le denomina así porque en ese área no ira apoyada ninguna carga de gran tonelaje.

FIGURA 21

CUADERNA MAESTRA



2.12.2.1. BAOS.

Los baos son los elementos de soporte de las cubiertas en sentido transversal, pudiéndose clasificar en baos reforzados, no reforzados y de pique y van soldadas encima de los puntales o tubos.

El bao reforzado cumple misiones específicas con estructuras longitudinales de la cubierta, en las que será:

1. Elemento eficaz de resistencia transversal.
2. Sujeción de los longitudinales de cubierta.
3. Elemento de reforzamiento de las aberturas de las escotillas.

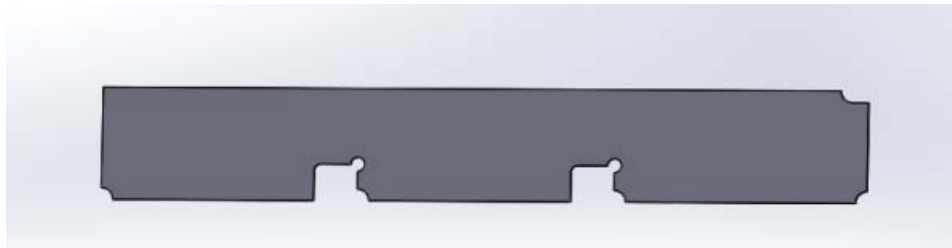
En general el bao reforzado dispondrá de escotes para el paso de los longitudinales pudiendo ser intercostal entre las esloras y mamparos longitudinales.

2.12.2.2. VARENGA.

Las varengas al igual que los baos lo diferenciamos en varengas reforzadas, no reforzadas y de piques situados transversalmente en el fondo y soldados debajo de los puntales o tubos, formando las varengas y baos tienen un perfil de una T que participa a la Resistencia Transversal del casco de la barcaza.

FIGURA 22

VARENGA CENTRAL



2.12.2.3. PANTOQUES

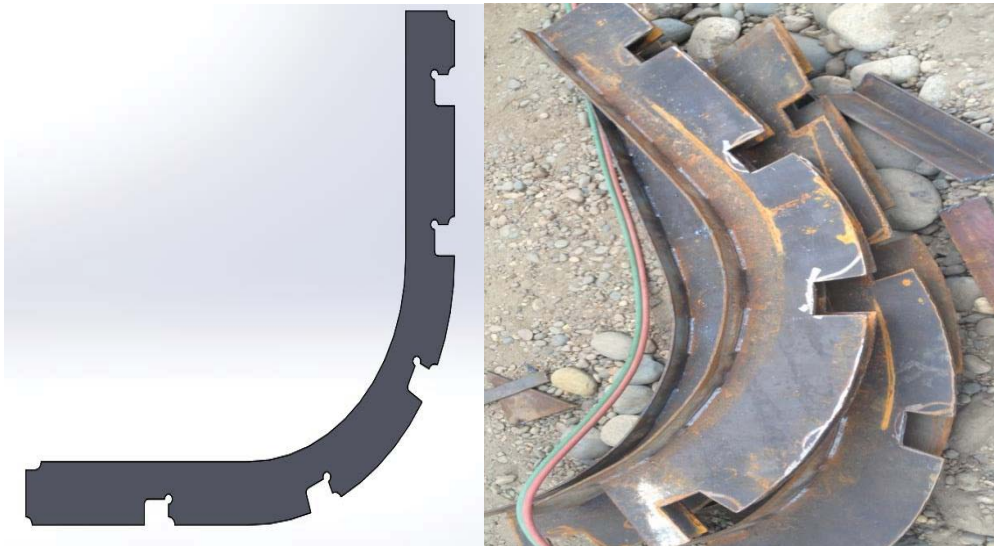
Los pantoques se clasifican también en reforzada y de pique son elementos de resistencia transversal, que forman secciones reforzadas con las varengas y baos reforzados. Son elementos de gran resistencia. Colocándose en el primer caso alternado con las cuadernas y equidistante entre sí. En barcazas con estructura longitudinal y transversal son los pantoques de gran importancia, pues son los únicos elementos transversales estructuralmente. Ver plano N0 4

Por estas causas son misiones de los pantoques las siguientes:

- a) Ser elementos fundamentales en la resistencia transversal del buque.
- b) Ser soportes eficaces del forro exterior del costado.
- c) Ser sujeción de los longitudinales de costado, recibiendo los esfuerzos que éstos transmitan.

FIGURA 23

PANTOQUES A LA IZQUIERDA DISEÑO Y DERECHA ENSAMBLAJE



2.12.2.4. PUNTALES.

Los puntales son estructuras tubulares de 4" de \varnothing Sch 40 simples verticales que tienen como misiones:

- a) Transmitir los esfuerzos que recibe la cubierta y el peso de la misma a la estructura del fondo.
- b) Evitar el hundimiento de la cubierta.
- c) Mantener una resistencia frente a esfuerzos verticales.

FIGURA 24

PUNTAL, A LA IZQUIERDA DISEÑO Y A LA DERECHA MONTAJE

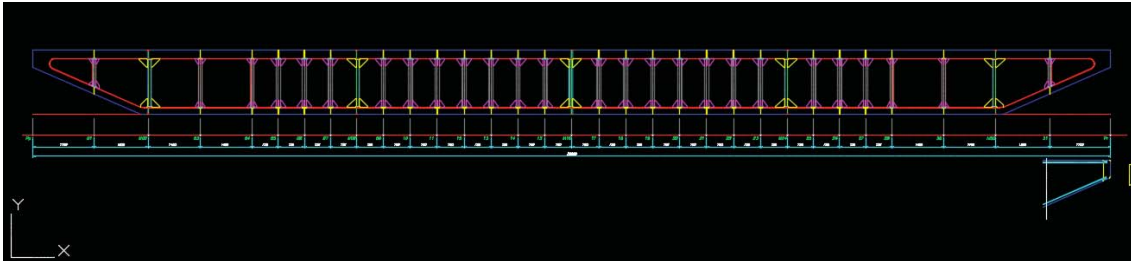


2.12.2.4.1. ESTRUCTURA DE LOS PUNTALES

La estructura del puntal es en forma de columna, cuya sección puede ser diversa, formada por elementos simples, incluso perfiles comerciales o por elementos compuesto y armados. En este proyecto se usara tubos cilíndricos.

FIGURA 25

DISTRIBUCION DE LOS PUNTALES A LO LARGO DE LA ESLORA



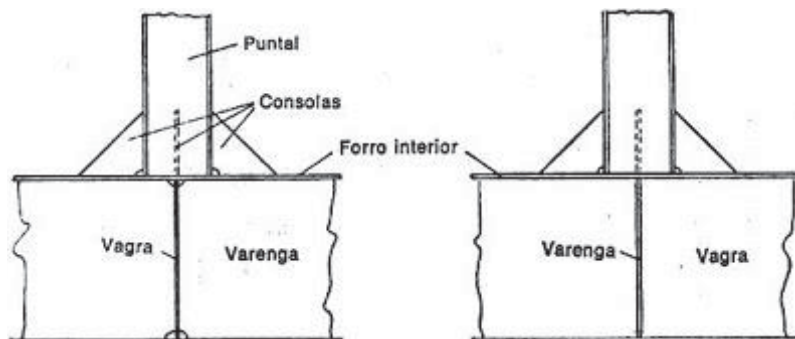
El puntal se unirá a la cubierta y fondo, en zonas reforzadas por elementos de soporte de gran escantillón, o áreas reforzadas especialmente para tal fin. Según este principio, en la cubierta serán apropiados los cruces de esloras y baos reforzados y en el fondo el de vagras y varengas. Cuando exista la imposibilidad de disponer de ambos elementos conjuntamente, se usará como punto de apoyo al menos uno de ellos con un reforzamiento especial a base de consolas que corrijan la conexión con otros elementos estructurales.

2.12.2.5. PRINCIPALES VARIANTES QUE SE PRESENTA

En fondo Siempre se buscará que sea en el cruce de vagras y varengas, creándose la que no exista entre los elementos existentes. Las consolas de la base del puntal, si por necesidades de la carga no se pueden colocar se eliminarán.

FIGURA 26

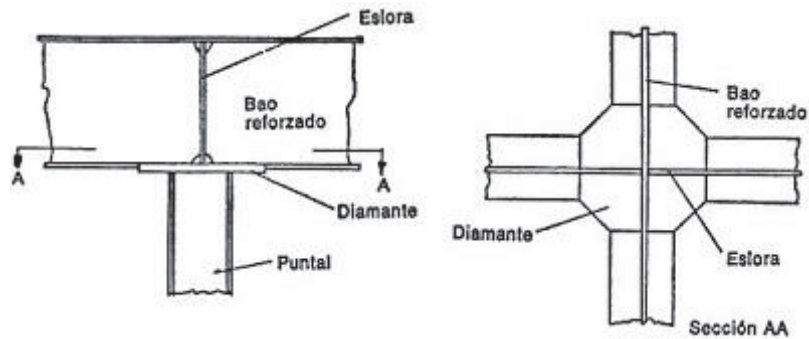
PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE LA UNION



En cubierta, cruce de bao reforzado con eslora. El cruce puede ser sustituido por una plancha de diamante o disco; no requiriendo por lo general el reforzamiento con consolas o catelas. Es el punto más apropiado para conexión con puntales.

FIGURA 27

CARACTERÍSTICAS EN LA PARTE SUPERIOR



2.12.2.6. LONGITUDINALES

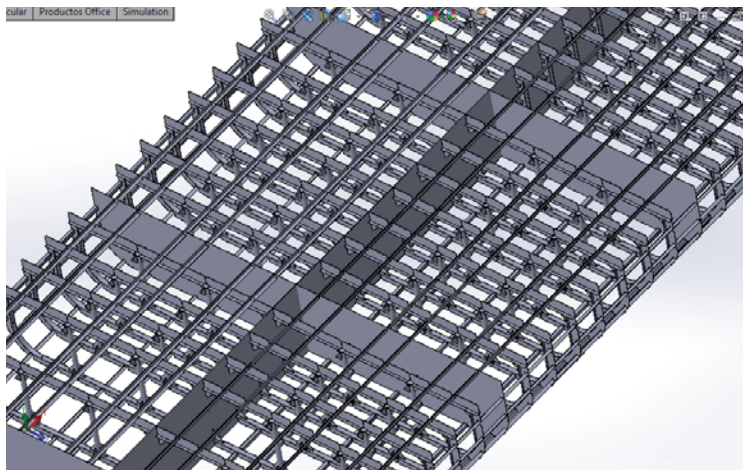
Los longitudinales son ángulos estructurales ASTM 36 dispuestas a lo largo de la eslora de la barcaza y son elementos de soporte de estructura similar a las cuadernas, pero en sentido longitudinal, los cuales tienen como funciones:

- Contribuir eficazmente a la resistencia longitudinal.
- Ser soporte de los esfuerzos dinámicos que recibe el forro exterior y transmitido al resto de la estructura.

La separación de los longitudinales de costado es similar a la de las cuadernas, entre 555 y 505 mm. Siendo continuos a lo largo de la eslora, Cuando existan mamparos transversales estancos, estarán unidos atravesándolos por escotes que posteriormente se acorbarán. Ver plano de estructura general.

FIGURA 26

LONGITUDINALES DE LA SLORA Y TRANSVERSALES



2.12.2.7. ESLORAS

Las esloras son elementos reforzados de soporte longitudinal de las cubiertas de gran importancia estructural ya que forman los anillos longitudinales en combinación con los refuerzos de mamparos y vagras.

El número de esloras generalmente es reducido, dependiendo de la estructura de la cubierta y de las aberturas por escotillas que ésta tenga, existiendo en todo tipo de buques por lo tanto, ya que en estructuras transversales tendrán como misión:

- Contribuir eficazmente a la estructura longitudinal.
- Sujetar los baos.
- Ser puntos de apoyo de puntales.

FIGURA 27

ANILLO PRINCIPAL LONGITUDINAL



Estas conexiones y características son de gran importancia, ya que en muchas barcasas son los únicos elementos de soporte de las cubiertas en sentido longitudinal, al mismo tiempo que son básicos para la transmisión de esfuerzos al fondo a través de los puntales.

FIGURA 28

DISTRIBUCION DE ESLORAS Y ANGULOS



2.12.2.8. VAGRAS

Las vagras son elementos de soporte del fondo en sentido longitudinal, cuya estructura es similar a las varengas llenas y estancas, estando destinadas a colaborar eficazmente con la Resistencia Longitudinal de la estructura, al mismo tiempo que reforzar las varengas contra deformaciones de pandeo repartiendo los esfuerzos que reciben.

2.12.3. PLANCHAS

2.12.3.1. MAMPAROS

Los mamparos son planchas de acero ASTM 36 que cumplen la tarea de diafragmas verticales que dividen interiormente el casco, pudiendo ser al mismo tiempo estructuras resistentes que contribuyen a la resistencia general de la viga-casco.

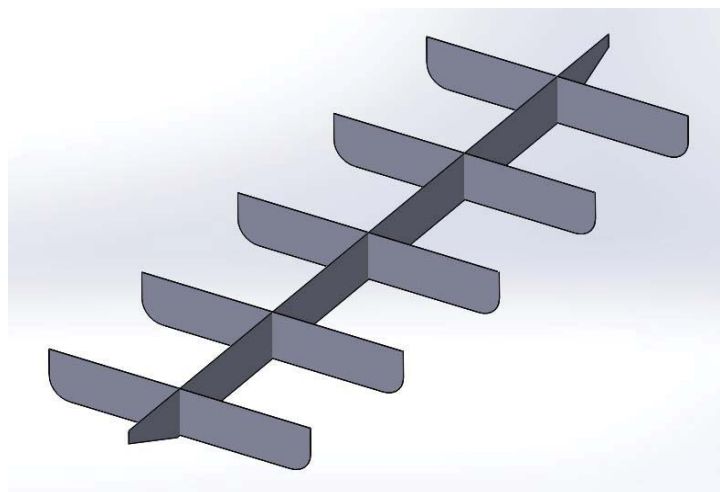
El mamparo resistente, sea cual sea su orientación y sus misiones de subdivisión o simplemente divisorio, puede estar formado por dos tipos de estructura netamente distintos, según se consiga el reforzado mediante angulares unidos a las planchas o bien con un plegado de la plancha que aumente la longitud de la misma y por lo tanto sus efectos de resistencia.

Los mamparos resistentes son aquellos que tienen como misión fundamental:

- Contribuir eficazmente a la resistencia transversal o longitudinal, según sea su dirección.
- Ser soporte eficaz de las cubiertas, costados y fondo.
- Trasmirir los esfuerzos de una parte de la estructura a otra.

FIGURA 29

ESTRUCTURA PRINCIPAL CONFORMADA DE MAMPAROS



2.12.3.1.1. REFUERZO DE MAMPARO

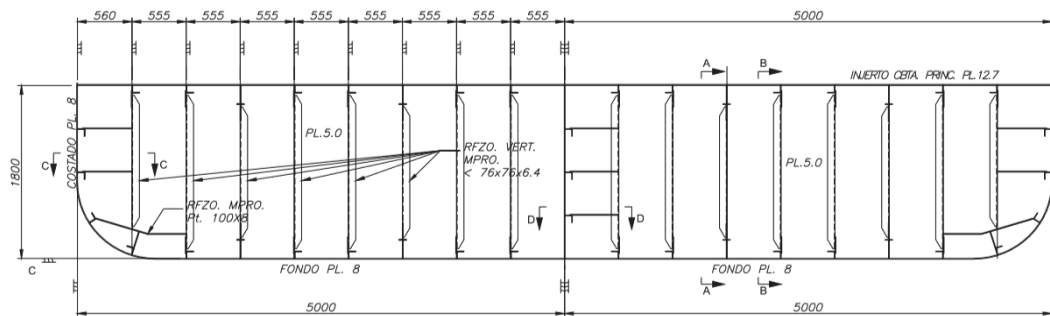
La estructura de un mamparo plano está formada por planchas y elementos de soporte constituidos por perfiles comerciales o armados, que generalmente formarán un entramado rectangular. Las planchas estarán constituidas.

Los elementos de soporte de un mamparo plano pueden ser:

- a) Refuerzos verticales.
- b) Refuerzos horizontales,
- d) Contrafuertes o bulárcamas de mamparo.

FIGURA 30

EN LA PARTE SUPERIOR ESQUEMA DEL MAMPARO PRINCIPAL Y MAS ABAJO MONTAJE



2.12.4. CASCO

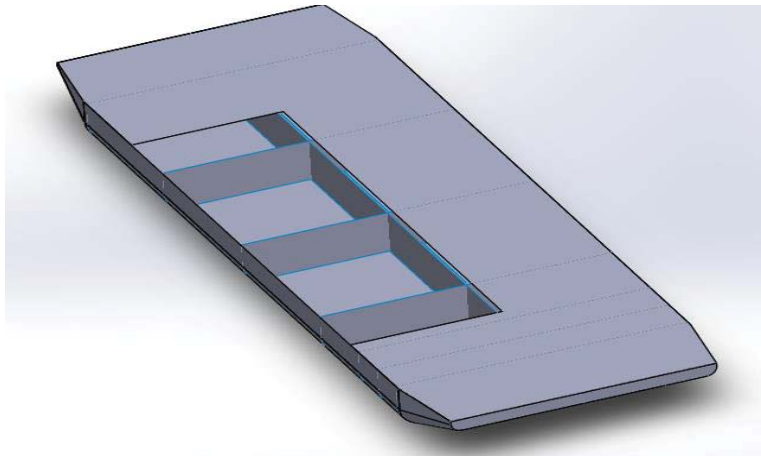
Son planchas estructurales ASTM 131 (acero naval), y se denominan cascos o costados a las estructuras laterales de la viga-casco, disponiendo una con respecto a la otra, simetría de espejo, distinguiéndose en cada costado dos zonas cuya delimitación es la flotación a plena carga, que tendrán misiones estructurales distintas.

2.12.4.1. CUBIERTA

Se denominan cubiertas las estructuras horizontales que cierran o delimitan la viga-casco, abarcando por lo general, de babor a estribor y de proa a popa. Según la situación de la cubierta, ésta podrá ser resistente, de franco-bordo.

FIGURA 31

TANQUES CONFORMADA POR PLANCHAS

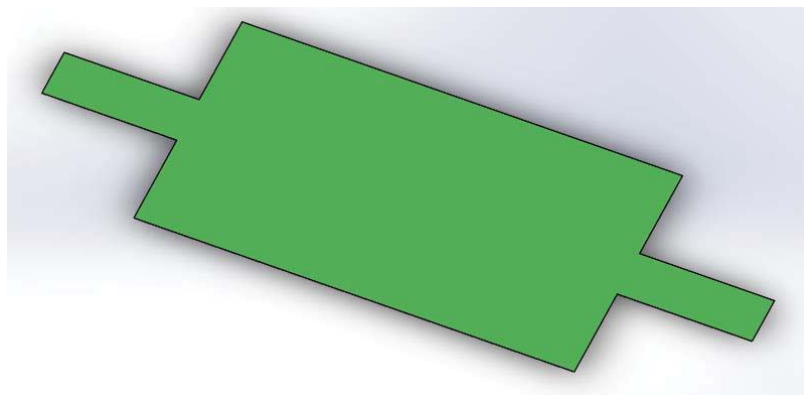


2.12.4.2. PLATAFORMA DE MANIOBRA

La plataforma está limitada por las dos cubiertas de estribor y babor, esto debido a que en la parte intermedia es de mayor espesor para que opere la grúa. Se denomina plataforma y su resistencia será para soportar cargas locales.

FIGURA 32

DISEÑO DE LA CUBIERTA PRINCIPAL DE MANIOBRA



2.12.4.3. VERTICALES

Así como en los forros de fondo, los mayores espesores de los forros de los costados verticales se mantienen, y luego se adelgazan en la medida de las normas, los extremos de la barcaza. El espesor puede verse incrementado en regiones donde ocurren grandes esfuerzos cortantes.

FIGURA 33

VERICALES DISEÑO Y MONTAJE

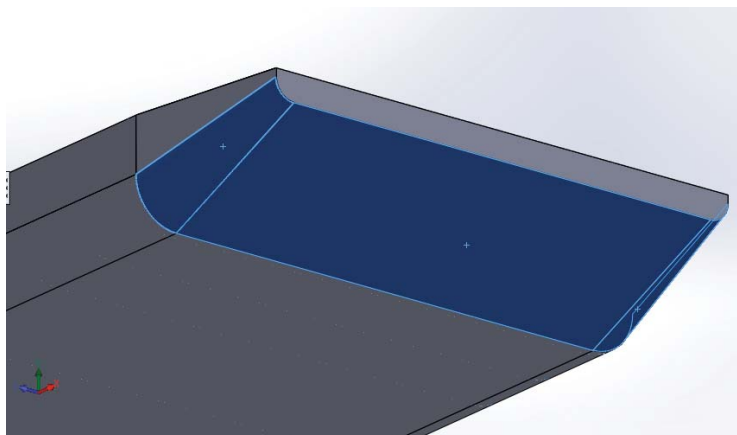


2.12.4.4. RAMPA.

Así como en los forros de fondo, los mayores espesores de los forros de los costados verticales se mantienen, y luego se adelgazan en la medida de las normas, los extremos de la barcaza.

FIGURA 34

DESARROLLO Y RAMPA DE PROA

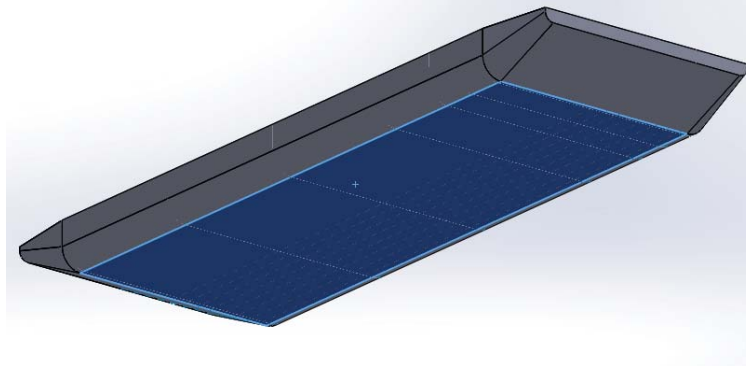


2.12.4.5. FONDO

La forma del casco plano, es adecuada para la flotación en las aguas de poca profundidad y mejora la estabilidad del mismo, así también contará con pantoque curvo a fin de evitar abolladuras y un buen deslizamiento en aguas torrenciosas.

FIGURA 35

FONDO DE LA BARCAZA



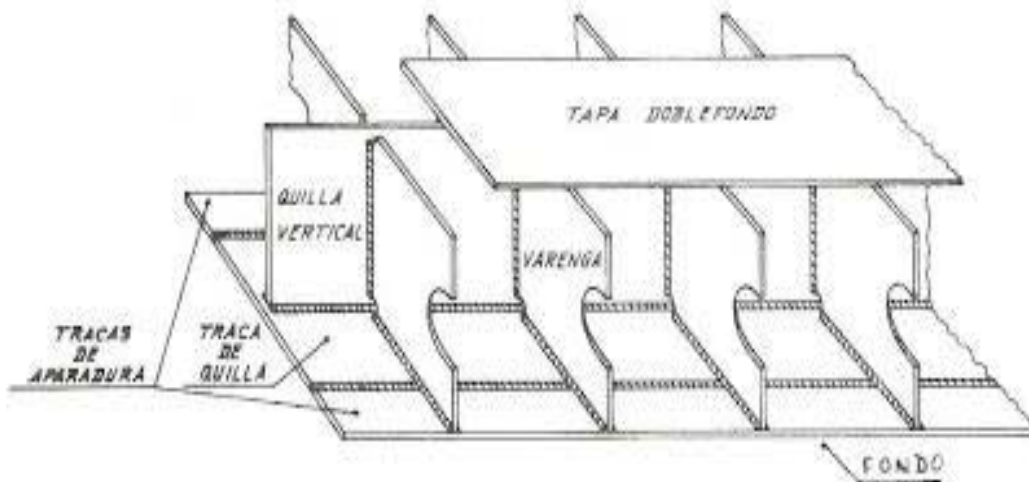
2.12.4.6. FUNCIONES DE LOS CASCOS

Sus funciones en general son:

- Tener la estanqueidad necesaria al agua del río. Tener la suficiente resistencia para soportar el empuje del agua, y transmitirla al resto de su estructura interna, para que resista como un todo homogéneo.
- Soportar los esfuerzos longitudinales dando la rigidez necesaria.
- Contribuye a los esfuerzos transversales.
- La quilla plana, la quilla vertical, y la traca central de la tapa del doble fondo: forman una viga en doble "T".

FIGURA 36

PLANCHAS PRINCIPALES, SECCION INTERNA



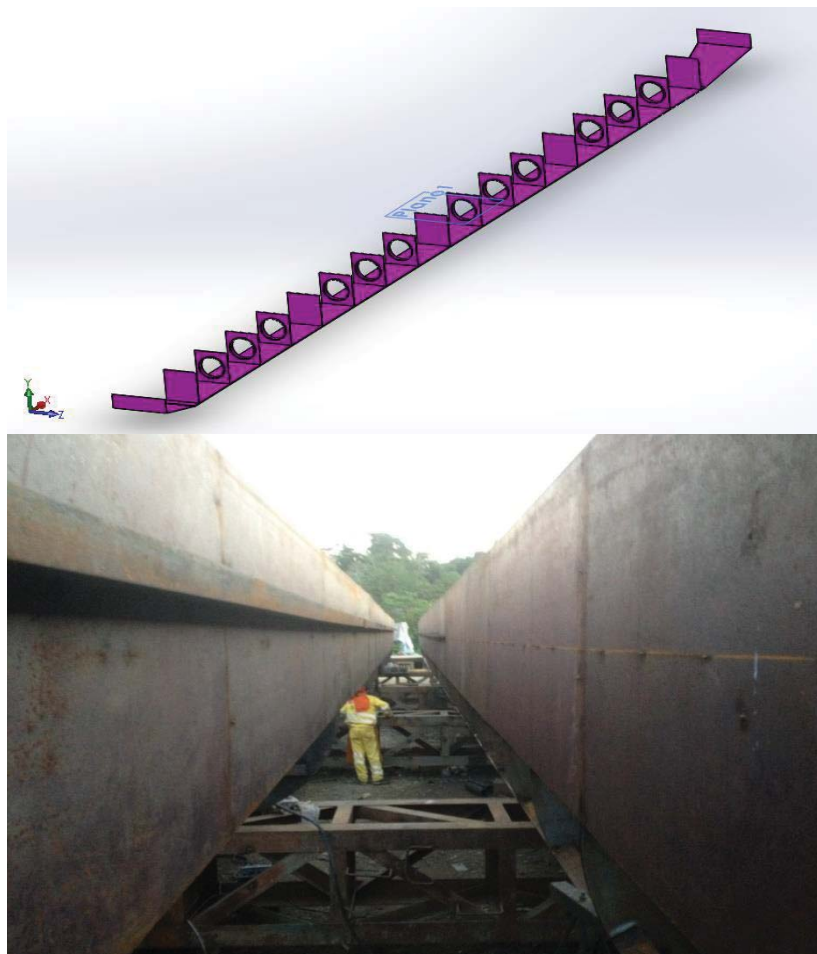
2.12.5. VIGA UNION

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

La viga unión es el elemento central que une los cascos de la barcaza, la cual contribuye sustancialmente a la resistencia longitudinal, al mismo tiempo que es un elemento básico de distribución de esfuerzos locales causados durante la construcción de la barcaza, ya que ha de soportar prácticamente la totalidad del peso del mismo y de la grúa.

FIGURA 37

DISEÑO Y MONTAJE DE LA VIGA PRINCIPAL DE UNION



2.13. SISTEMA ESTRUCTURAL

2.13.1. RESISTENCIA LONGITUDINAL

La sección de viga módulo casco requerido, SM, en el centro de la barcaza ha de ser obtenida a partir de la siguiente ecuación.

$$SM_{REQ} \quad \forall L < 76.2 \text{ m}$$
$$SM_{REQ} = 0.347(B + 12.19)DL$$

2.13.2. ESCANTILLONADO

CUBIERTA ESPESOR MINIMO.

Espesor mínimo. t_{min} No será menor que 0.01 mm por milímetro de la distancia entre apoyos.

$$t_{min} = 5.55 \text{ mm}$$

Con vigas transversales

$$t_{min} = 0.0066L + 3.5 \text{ mm}$$

Cubierta con carga.

El espesor de la plancha con carga en la que se va a realizar el trabajo está determinado por la siguiente ecuación:

$$t_{min} = 0.00395s\sqrt{h} + 1.5 \text{ mm}$$

Debemos recordar:

$p \rightarrow$ carga cubierta uniforme distribuida, en ton/m^2

$s \rightarrow$ espaciamiento de las vigas (mm)

$$h = \frac{p}{0.721} \text{ m}$$

Mamparos.

Mamparos transversales y longitudinales.

$$t_{min} = \left(\frac{s\sqrt{h}}{254} \right) + 1.78 \text{ mm}$$

Dónde:

$$s = s_L$$

$$h = D + 1.20 \text{ m}$$

Otros mamparos estancos.

$$t_{min} = \left(\frac{s\sqrt{h}}{290} \right) + 1$$

Planchaje del casco.

Plancha del fondo.

$$t_{min} = 0.069 L + 0.007 S - 0.8 \text{ mm} \quad \text{Por norma (} t_{min} = 5.00 \text{ mm)}$$

Plancha lateral. Para $L < 73 \text{ m}$

$$t_{min} = t_{fondo} - 0.5$$

Plancha del pantoque.

$t_{min} \implies$ Cuando el radio exceda los 305 mm el espesor del planchaje deberá de ser 1.5 mm. Mayor que el requerido para el planchaje lateral.

$$t_{min} = t_{lateral} + 1.5 \text{ mm}$$

Escantillonado de refuerzos estructurales asociados.

Cuadernas

$SM_{min} \implies$ Módulo de sección mínimo requerido asociado a la plancha.

$$SM_{min} = 7.8 \text{ chsl}^2 \text{cm}^3$$

Dónde:

- C = coeficiente apropiado al miembro en cuestión y el tipo de construcción empleada como se da en 3-2-2 / Figuras 5 a 12 = 1,0 para los marcos laterales de rastrillo.
- h = distancia, en m (ft), tal como figura en 3-2-2 / Figuras 5 a 12 = Para los marcos inferiores rastrillo, la distancia vertical, en m (pies), desde la mitad de la altura de la cubierta al lado en el mamparo de rastrillo = Para las transversales rastrillo de cubierta y los longitudinales, 1,2 m (4,0 pies).
- S = separación miembro, en m (ft).
- L = Tramo sin apoyo del miembro, en m (ft).

2.14. ESFUERZOS SOBRE LA BARCAZA.

Breve repaso de algunos términos de interés que serán usados a lo largo de esta entrega:

Las fuerzas que pueden actuar sobre un cuerpo se clasifican en fuerzas de volumen y fuerzas de superficie.

Las fuerzas que se ejercen entre dos cuerpos son siempre iguales y de sentidos opuestos de acuerdo con la 3ª Ley de Newton.

Carga. Es el término general que se utiliza para indicar la fuerza o peso que actúa sobre un cuerpo, sometiendo la estructura de éste a una condición de esfuerzo, que tiende a producir cambios de forma en el mismo. Se usa como unidad Toneladas x metro.

Esfuerzo. Es el efecto de la carga sobre el cuerpo, o sea, la carga de trabajo de su estructura. Equivale a la medida de resistencia de un material, a las fuerzas que tienden a producir su deformación. Se expresa en Kg/mm².

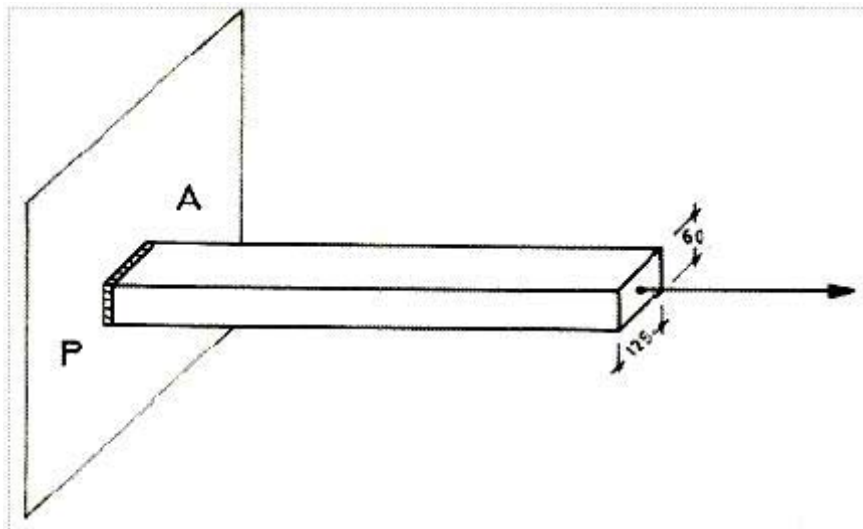
Deformación. Es el efecto del esfuerzo, y es la medida de la alteración de las formas. Se expresa en tanto por ciento del largo original.

Tensión o Tracción. La resistencia que un material ofrece a que lo estiren.

Los aceros dulces en Construcción Naval tienen un límite elástico de 25 Kg/mm²; en la práctica se procura, por seguridad, que los esfuerzos por tracción no sean superiores a 10 Kg/mm². En los Aceros de Alta Resistencia a la Tracción, usados actualmente en algunas zonas de ciertos buques, su límite elástico está comprendido entre 33 y 45 Kg/mm²; sin embargo, por seguridad, se procura que la tracción en los elementos estructurales no pase de 15 Kg/mm². (14)

FIGURA 38

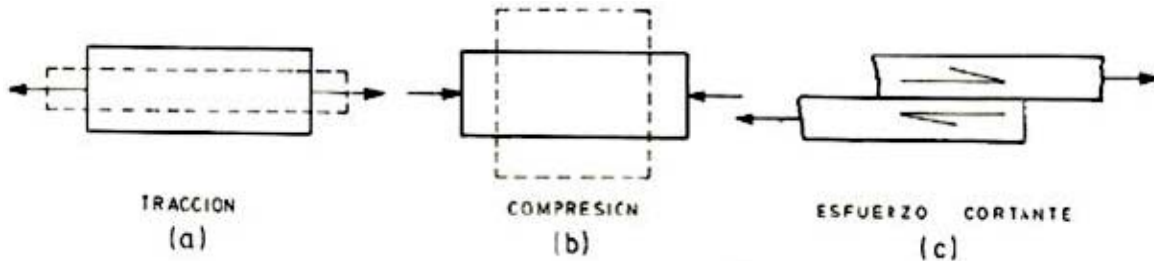
BARRA PRISMÁTICA SOMETIDA A ESFUERZO DE TRACCION



Compresión.- La resistencia que un material ofrece a las fuerzas o cargas que lo comprimen, se llama Resistencia a la Compresión. En general, se supone que el acero dulce, tiene la misma resistencia a la tracción que a la compresión; pero normalmente la compresión está relacionada con la flexión, y reforzada localmente por el pandeo. (14)

FIGURA 39

DETALLES DE LOS TIPOS DE ESFUERZOS



2.15. TIPO DE SOLDADURA

Todas las uniones anteriores se hacen mediante soldadura. También es posible usar otros procesos para algunos de los tipos de uniones, pero la soldadura es el método de mayor aplicación.

Es conveniente distinguir entre el tipo de unión y el tipo de soldadura que se aplica a la unión. Las diferencias entre los tipos de soldadura están en la geometría y el proceso de soldadura.

FIGURA 40

TIPOS DE SOLDADURA A EMPLEAR

Topo			
Filete T			
Ángulo			
Solape			
Borde			
		Simple	Doble
Filete			
Plana			
Bisel 45°			
Bisel V			
Bisel J			
Bisel U			

FUENTE:

2.15.1. ESFUERZOS PERMISIBLES

No hace aún mucho tiempo se consideraba que en la construcción soldada eléctricamente se debían tolerar esfuerzos menores que en la remachada. Sin embargo, pronto se demostró que no se corrían ningún riesgo aumentando los esfuerzos admisibles, hasta tal punto que hoy en día se considera que la resistencia de una construcción soldada, por supuesto, la soldada sea de muy buena calidad. (14)

- Para elementos sometidos a esfuerzos de tracción o compresión paralelo al eje del cordón soldado a tope con penetración completa.
- Para elementos sometidos a esfuerzos de tracción, normal al cordón soldado a tope con penetración completa.
- Para elementos sometidos a esfuerzos de compresión, normal al cordón soldado a tope con penetración completa o parcial.
- Para elementos sometidos a esfuerzos de corte en la garganta de un cordón soldado a tope con penetración completa o parcial.
- Si la soldadura ha de efectuarse en un taller cerrado o al aire libre.
- En qué posición ha de efectuarse la soldadura.

2.15.2. ESPECIFICACIONES

De acuerdo a la especificación AWS D2.0-69, se puede tomar:

$$S_t = 0.3S_{ut}$$

$$S_c = 0.3S_{ut}$$

Dónde:

- S_t : esfuerzo sometido a la tracción.
- S_c : esfuerzo sometido a la compresión.
- S_{ut} : esfuerzo ultimo o esfuerzo de fluencia.

Para los siguientes casos:

- Para elementos sometidos a esfuerzos de corte en la garganta efectiva de un cordón de soldadura de filete paralelo a la dirección de la carga (carga longitudinal).
- Para elementos sometidos a esfuerzos de tracción normal al cordón soldado a tope con penetración parcial.
- Para elementos sometidos a esfuerzos de corte en el área efectiva de una soldadura de tapón.

2.15.3. ESFUERZOS PERMISIBES EN CORDONES DE SOLDADURA

TABLA 1
ESFUERZOS PERMISIBLES

ELECTRODO	ESFUERZOS PERMISIBLES Sw (PSI)
	AWS D2.0-69
E-60XX	12,700
E-70XX	14,800
E-80XX	17,000
E-90XX	19,100
E-100XX	21,200
E-110XX	23,300

FUENTE:

2.15.4. CARGAS ACTUANTES

Carga de corte directo

$$f' = \frac{P}{A}$$

Dónde:

- P: es la carga actuante.
- A: es el área efectiva del cordón.

Carga de corte producida por el momento torsor

$$f'' = \frac{Tc}{J} \quad \therefore \quad J = 0.707hJ_w$$

Dónde:

- T: momento torsor actuante.
- C: distancia del centro de gravedad al extremo más alejado del cordón.
- Jw: momento de inercia polar de línea.

Carga de corte producida por el momento flector.

$$f''' = \frac{Mc}{I} = \frac{M}{Z} \quad \therefore \quad Z = 0.707hZ_w$$

Dónde:

- M: momento flector actuante.
- C: distancia del eje de centro de gravedad del extremo del cordón.
- I: momento de inercia de línea con respecto a uno de los ejes coordenados.
- Zw: módulo de línea.

2.15.5. RECOMENDACIONES GENERALES

- El tamaño mínimo del cordón de soldadura de filete, en lo posible deberá estar sujeto a lo indicado en la tabla 2. Anexo.
- El tamaño máximo de un cordón de soldadura de filete soldado a lo largo de los bordes a unir será:

$$\text{Para: } t < \frac{1}{4}'' \implies w \leq t$$

- La longitud efectiva de un cordón de soldadura de filete es la longitud total del cordón de tamaño completo, incluyendo la longitud “doblada en una esquina”. La longitud efectiva mínima de un cordón de soldadura de filete deberá ser: $L_w = 4w$
- Cuando se diseñe un miembro que sirva solamente para dar rigidez y no se puede evaluar las cargas que actúan sobre él, se puede considerar: $w = 0.25t$ a $0.375t$, para cordones soldados a ambos lados. También puede hacer uso de los cordones intermitentes de tamaño completo, equivalente al valor recomendado.

2.15.6. REQUERIMIENTOS MINIMOS DEL MATERIAL SEGUN AWS

TABLA 2

RESISTENCIAS MINIMAS

ELECTRODO AWS	ESFUERZO DE ROTURA MIN. EN KPSI(MPA)	ESFUERZO DE FLUENCIA MIN. KPSI(MPA)	ELONGACION %
E 60XX	62(427)	50(345)	17-25
E 70XX	72(482)	60(393)	22
E 80XX	80(551)	70(462)	19
E 90XX	90(620)	78-90(531)	24
E 100XX	100(689)	90(600)	20
E 110XX	110(827)	107(737)	20

FUENTE:

2.15.7. TAMAÑO MINIMO DEL TAMAÑO DEL FILETE

TABLA 3

ESPORES TOLERABLES

ESPEJOR DE LA PLANCHA MAS GRUESA EN PULG.	TAMAÑO MINIMO DEL CORDON DE FILETE, PULG
$t \leq 1/4$	1./8.
$1/4 < t \leq 1/2$	3./16.
$1/2 < t \leq 3/4$	1./4.
$3/4 < t \leq 1 \ 1/2$	5./16.
$1 \ 1/2 < t \leq 2 \ 1/4$	3./8.
$2 \ 1/4 < t \leq 6$	1./2.
$t > 6$	5./8.

FUENTE:

2.16. CONSIDERACIONES Y REQUERIMIENTOS AL PROBLEMA PLANTEADO.

En primer lugar, se dará a conocer el problema al que se deberá dar solución mediante un análisis donde se indicará el trabajo que se debe realizar. Luego se detallará paso a paso los requerimientos que deberá cumplir el sistema de elevación a desarrollar. En base a estos criterios se realizará una estructura de funciones en donde se apreciarán las funciones parciales con los que deberá contar la máquina a desarrollar.

2.16.1. ESTRUCTURA

La estructura de deberá soportar el peso de una grúa el más pesado comercial, durante varios viajes en trayectoria rectas y curvas. Se deberá tener en cuenta el peso de la grúa así como de la plataforma de la estructura y los pilotes a bordo al momento de determinar el peso máximo admisibles que deberá soportar la estructura.

La dimensión de la estructura de la plataforma debe ser de 20.8 metros de ancho por 30 metros de largo.

2.16.1.1. MATERIALES.

La barcaza deberá ser construida en base a materiales que garanticen la rigidez y estabilidad del mismo de modo tal que en los trayectos de ida y vuelta de la estructura no se generen deformaciones en las piezas que lo componen.

Asimismo, el abastecimiento de sus componentes debe ser de fácil obtención en el mercado local permitiendo la rapidez de los trabajos de mantenimiento en caso se tenga que sustituir algún componente.

2.16.2. SEGURIDAD.

La barcaza deberá cumplir con todas las medidas de seguridad que aseguren el funcionamiento sin mayores inconvenientes de la plataforma y de las uniones, garantizando la seguridad y salud de las personas que transporten. La estructura deberá estar ubicado a nivel estimado del puerto o deberá contar una plataforma que permita la seguridad de los tripulantes al momento de acceder al mismo.

2.16.3. MANTENIMIENTO

El diseño y selección del tipo de plataforma deberá considerar el plan de mantenimiento preventivo en forma regular la cual consta de:

- Evitar la oxidación temprana tanto interna como externa.
- La flexión en los principales transversales.
- El pandeo de los puntales sometidos a compresión

De modo tal que el diseño a utilizar funcione correctamente durante un tiempo prolongado, garantizando la seguridad.

CAPITULO III

CALCULO DE ESTABILIDAD

3.1. DESCRIPCION DE LA EMBARCACION

La barcaza fluvial tiene como propósito brindar servicio de transporte y plataforma de maniobra, debido a que cuenta en cubierta con una grúa móvil tipo oruga de 145 toneladas de peso, la cual tiene una capacidad máxima de 100 TN. En el gancho.

Embarcación: Barcaza Fluvial

Eslora Total: 30 m

Manga: 20.80 m.

Puntal: 1.8 m.

3.2. CONSIDERACIONES

- Para realizar los cálculos de la escora producida por el viento:
Se supondrá que la presión del viento es constante y, para operaciones de índole general, que actúa sobre una masa sólida que se extiende a todo lo largo de la cubierta de carga y hasta una altura supuesta por encima de dicha cubierta. Se supondrá que el centro de gravedad de la carga está situado en el punto medio de la altura de ésta, y el brazo de palanca debido al viento se tomará desde el centro de la cubertada, hasta el punto medio del hasta el centro vertical de Boyantes.
- Los cálculos se realizarán de modo que abarquen una gama completa de calados operacionales; y se supondrá que el ángulo de inundación descendente es aquel que se da cuando se sumerge una abertura por la que puede producirse una inundación progresiva. Estas aberturas no incluyen las que van cerradas con una tapa de registro estanca ni los respiraderos provistos de cierre automático.

3.3. NORMAS DE ESTABILIDAD

Conforme a lo establecido por el artículo 60 inciso (b) de la ley de control y vigilancia de las actividades Marítimas, fluviales y lacustres, Ley N° 26620 de fecha 07 junio 1996, es función de la dirección general de capitanías y guardacostas, velar por la seguridad de la vida Humana en el mar, ríos y lagos navegables.

3.3.1. ESTABILIDAD

Por Resolución Directoral N0 04747-98/DCG de fecha 14 de agosto 1996 la Dirección General de Capitanías y Guardacostas aprueban las Normas para la preparación y ejecución de las Pruebas de Estabilidad a naves nacionales, que

realizan actividades acuáticas en el mar, ríos y lagos navegables. Publicada en el diario el Peruano de fecha 23 de agosto de 1996.

Los siguientes artículos más resaltantes de dicha norma son:

Artículo 1: son sometidas a la prueba de inclinación las naves nacionales nuevas o modificadas, construidas en acero naval, fibra de vidrio u otro material diferente a la madera.

Artículo 5: El ángulo máximo de inclinación a cada lado de la condición inicial será, en la prueba de estabilidad de 20 grados y el mínimo de 10 grados. Para determinar el ángulo de escora se utilizara un péndulo de una longitud no inferior a 3 metros que permita una deflexión a cada lado de la vertical de 150 mm como mínimo.

Artículo 6: la nave debe estar en rosca con el mínimo de personal a bordo para realizar la prueba de inclinación.

Artículo 7: los tanques en general deberán estar vacíos o llenos completamente para evitar el efecto de superficie libre.

Artículo 10: la nave en la prueba de inclinación debe estar lo más adrizada posible con un suficiente calado aceptándose una escora inicial hasta de 10 grado.

Artículo 11: como resultado satisfactorio de la prueba, se acepta que los cálculos efectuados determinen una altura metacéntrica transversal de 450mm como mínimo, en el caso específico de las naves de pesca tipo cerco la altura metacéntrica transversal será de 900 mm como mínimo.

Todas las naves indicadas en el artículo 1 deberán presentar ante la autoridad marítima el estudio de estabilidad estática y dinámica, de acuerdo a las normas técnicas estipuladas en los convenios internacionales.

3.4. CRITERIOS DE ESTABILIDAD SIN AVERIA

En la Parte 2.2 de la norma observamos los siguientes ítems.

- 2.2.4 Criterios de estabilidad sin avería.
- 2.2.4.1 El área bajo la curva de brazos adrizantes hasta el ángulo correspondiente al brazo adrizante máximo no será inferior a 0,08 metro-radián.
- 2.2.4.2 El ángulo de escora estática producido por una carga del viento uniformemente distribuida de 540 Pa (velocidad del viento de 30 m/s) no debe ser superior al ángulo para que se sumerja la mitad del francobordo en la condición pertinente de carga, donde el brazo de palanca del

momento escorante producido por el viento se mide desde el centroide de la superficie expuesta al viento hasta el punto medio del calado.

- 2.2.4.3 El rango mínimo de estabilidad será de:

20° si $L < 100$ m

15° si $L > 150$ m

Para las esloras intermedias se calculará por interpolación.

3.5. DESARROLLO.

Para el desarrollo de la este análisis de estabilidad se utilizó el software AUTOHYDRO (AHDRO), versión 5.3.2, y también con la ayuda del programa de SOLIDWORK versión 2014, para algunos diseños y simulaciones el cual permitió analizar cada condición de la barcaza fluvial, aplicando los criterios anteriormente mencionados del Código de Estabilidad sin Avería 2008 (Código IS 2008).

Como se indica en líneas abajo se analizaran 3 condiciones: la primera es la salida de Puerto, donde la barcaza lleva en cubierta la grúa tipo oruga de 145 ton de peso (en la zona de operación), y 10 pilotes los cuales deben estar distribuidos en ambas bandas en cantidades y distancias iguales para que el centro de gravedad de los pilotes esté en crujía.

La Condición 2, es una condición de maniobra, donde la grúa empezaría a levantar un pilote, uno por cada banda, en esta maniobra el pilote se encuentra en posición vertical estando encima de la cubierta, a 6 m de línea crujía, en esta maniobra, la barcaza de escora 0.42 °.

La Condición 3, es la condición de maniobra más crítica ya que la pluma estaría de manera perpendicular a la línea crujía, trasladando el pilote a 16.4 m respecto a la línea crujía o 6 m fuera de borda, generando una escora de 1.15°.

Para cada condición se calculó el área de la obra muerta las cuales se aproximaban a 100 m², donde multiplicada por la presión del viento de 540 Pa. Se calcula la fuerza ejercida por el viento, esta fuerza multiplicada por su brazo (tomando en cuenta las consideraciones anteriormente mencionadas), nos determina el momento escorante.

Por último se realiza el cálculo del Máximo VCG (posición vertical del centro de gravedad), el cual muestra una tabla (Max. VCG vs Desplazamiento). Cada desplazamiento está en relación con el calado medio de la barcaza, y cada columna de Max. VCG (posición vertical del centro de gravedad) está dada para cada condición de calado. Esta tabla está acompañada con un gráfico en el cual se muestran varias curvas, cada una de ellas representa una condición de calado, el área bajo la curva se denomina zona segura y el área por encima de la curva

zona insegura, para trabajar con este grafico se ubica el desplazamiento de la barcaza y su Centro Vertical de Gravedad (VCG), si este punto se encuentra dentro de la zona segura podemos afirmar que es seguro trabajar en esa condición, se puede analizar para varias condiciones de carga de la barcaza.

3.6. PROPIEDADES HIDROSTATICAS

Calculo de parámetros importantes.

Datos.

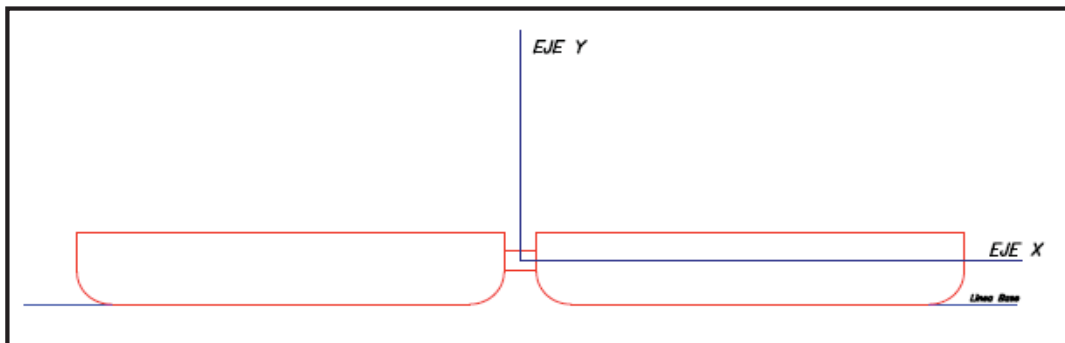
Para un desplazamiento de: $\Delta = 535 \text{ toneladas}$

Nos generara un calado de: $C = 1.043 \text{ metros}$

- Distancia al centro de boyantes (KB)

$$KB = \frac{\text{Calado}}{2} (\text{metros}) , \text{ entonces: } KB = 0.5215 \text{ metros}$$

- Segundo momento de inercia con respecto a la manga o eje X y Y



Como la sección transversal tiene una forma casi rectangular y para un calado calculado de 1.043 metros con apoyo del programa solidwork el momento de inercia es igual.

$$I_{xx} = \frac{1}{12} (M)(E)^3 m^4 , \text{ entonces: } I_{xx} = 18992.77 m^4$$

$$I_{yy} = \frac{1}{12} (E)^3 (M) m^4 , \text{ entonces: } I_{yy} = 39454.9 m^4$$

- Distancia del metacentro transversal (KMt).

$$KMt = \frac{I_{xx}}{\Delta} (m) ; \text{Entonces: } KMt = 35.5 \text{ metros}$$

- Distancia del baricentro y centro de gravedad de la barcaza (BG)
Para determinar dicho segmento debemos tener ubicado nuestro centro de gravedad (KG), como se muestra en la siguiente relación.

$$BG = KG - KB$$

FIGURA 41

CENTROS DE VOLUMENES

$$X_{c.g.} = \frac{V_1 X_1 + V_2 X_2 + V_3 X_3 + \dots}{V_1 + V_2 + V_3 + \dots}$$

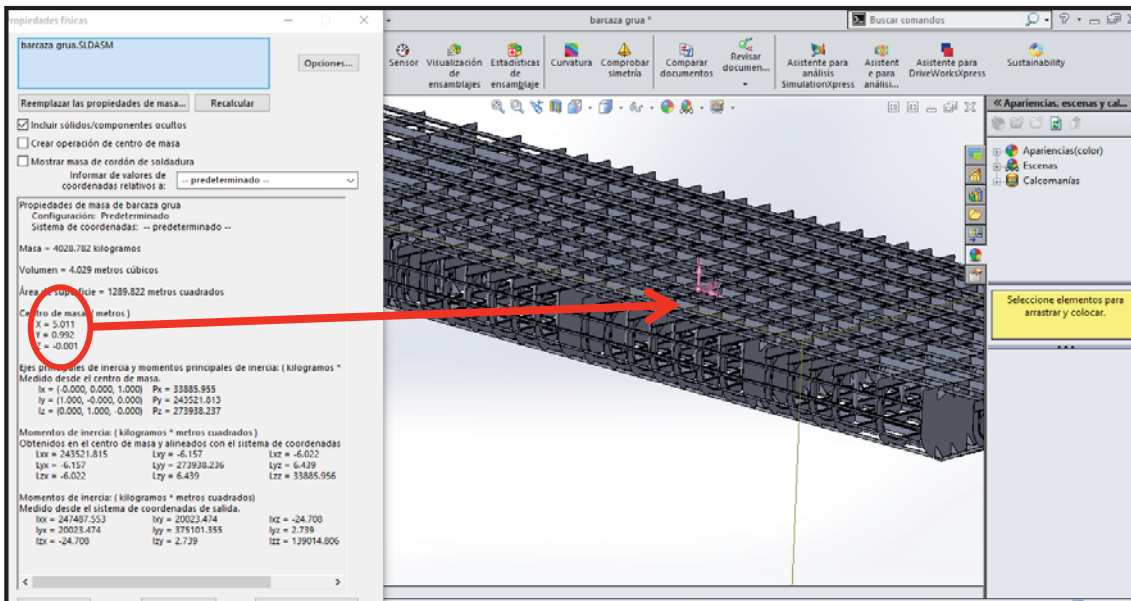
$$Y_{c.g.} = \frac{V_1 Y_1 + V_2 Y_2 + V_3 Y_3 + \dots}{V_1 + V_2 + V_3 + \dots}$$

FUENTE:

Otra forma más rápida y dificultosa es la creación de la geometría en solidWorks, ensamblando y tomando referencia el programa da exactamente el centro total de las piezas ensambladas.

FIGURA 42

UBICACIÓN DEL CENTRO DE GRAVEDAD



De aquí deducimos que el centro de gravedad se ubicada aproximadamente a 1.05 metros.

$$KG = 1.05 \text{ metros}$$

Para hallar la distancia del baricentro (BG): Tenemos.

$$BG = KG - KB$$

$$GB = 1.05 - 0.5215 = 0.5285(\text{metros})$$

- Distancia vertical del metacentro transversal.

$$KMt = KB + BMt$$

$$KMt = 36.03(\text{metros})$$

TABLA 4

PROPIEDADES HIDROSTATICAS

Δ (tn)	CALADO(m)	KB VCB	O IXX	IYY	BMt	BG	KMt(m)
43.24	0.1	0.05	14360.16	23370.69	332.10	0.95	332.15
89.26	0.2	0.1	15272.07	25054.58	171.10	0.9	171.20
137.26	0.3	0.15	15995.23	26696.36	116.53	0.85	116.68
186.92	0.4	0.21	16605.30	28337.02	88.84	0.79	89.05
240.44	0.5	0.26	17130.37	29991.46	71.25	0.74	71.51
290.44	0.6	0.31	17583.42	31666.17	60.54	0.69	60.85
344	0.7	0.36	17970.55	33363.74	52.24	0.64	52.60
398.56	0.8	0.42	18294.46	35085.33	45.90	0.58	46.32
454.06	0.9	0.47	18584.60	36843.75	40.93	0.53	41.40
510.42	1	0.52	18871.13	38654.05	36.97	0.48	37.49
567.66	1.1	0.58	19154.03	40516.58	33.74	0.42	34.32
625.66	1.2	0.63	19433.40	42431.89	31.06	0.37	31.69
684.72	1.3	0.68	19709.09	44400.05	28.78	0.32	29.46
744.16	1.4	0.74	19728.45	44446.51	26.51	0.26	27.25
803.6	1.5	0.79	19735.99	44464.56	24.56	0.21	25.35
863.06	1.6	0.84	19737.93	44469.26	22.87	0.16	23.71
922.52	1.7	0.89	19738.01	44469.45	21.40	0.11	22.29
981.98	1.8	0.95	19738.01	44469.45	20.10	0.05	21.05

FUENTE: ELABORADO POR EL AUTOR

KB.-Distancia vertical al centro de boyantes.

Ixx.- Momento de inercia con respecto a la manga.

Iyy.- Momento de inercia con respecto a la eslora.

BMt.- Radio metacéntrico.

BG.- Distancia del centro de gravedad de la barcaza y el baricentro.

- Calculo de la distancia del metacentro longitudinal.

$$KM_L = \frac{I_{yy}}{\Delta} (m); \text{Entonces: } KM_L = 73.74 \text{ metros}$$

- Altura metacéntrica transversal (GMt)

$$GMt = 35.5 - 0.5285$$

$$GMt = 34.47$$

- Altura metacéntrica longitudinal.

$$GML = BML - BGI$$

$$GML = 73.74 - 0.5285$$

$$GML = 73.215 (\text{metros})$$

- Distancia del metacentro longitudinal (KML).

$$KML = KB + BML$$

$$KML = 74.26 (\text{metros})$$

- Toneladas por centímetro de inmersión (TCP)

$$TCP = \frac{\Delta}{C * 100} (Tn / cm)$$

$$TCP = \frac{535}{1.043 * 100} = 5.12 (TN / cm)$$

- Momento para trimar un centímetro (MTC)

$$MTC = \frac{\Delta * GML}{E * 100}$$

$$MTC = \frac{535 * 73.21}{30 * 100} = 13.055 (Tn / cm)$$

TABLA 5

PROPIEDADES HIDROSTATICAS LONGITUDINALES

Δ (tn)	BML	GMt (m)	GML	KML(m)	TCP (tm/cm)	MTC (tn/cm)
43.24	540.5	331.2	539.5	541.4	4.324	7.776537333
89.26	280.7	170.2	279.8	281.6	4.463	8.324748667
137.26	194.5	115.7	193.6	195.3	4.575333333	8.859896333
186.92	151.6	88.0	150.8	152.4	4.673	9.396451067
240.44	124.7	70.5	124.0	125.5	4.8088	9.9378448
290.44	109.0	59.9	108.3	109.7	4.840666667	10.4885888
344	97.0	51.6	96.3	97.6	4.914285714	11.04786
398.56	88.0	45.3	87.5	88.6	4.982	11.61805507
454.06	81.1	40.4	80.6	81.7	5.045111111	12.20103273
510.42	75.7	36.5	75.2	76.2	5.1042	12.80301613
567.66	71.4	33.3	71.0	71.8	5.160545455	13.42605427
625.66	67.8	30.7	67.4	68.2	5.213833333	14.0667986
684.72	64.8	28.5	64.5	65.2	5.267076923	14.72697987
744.16	59.7	26.3	59.5	60.0	5.315428571	14.75100947
803.6	55.3	24.3	55.1	55.5	5.357333333	14.765268
863.06	51.5	22.7	51.4	51.7	5.394125	14.7770568
922.52	48.2	21.3	48.1	48.3	5.426588235	14.78932427
981.98	45.3	20.1	45.2	45.3	5.455444444	14.80678367

FUENTE: ELABORADO POR EL AUTOR

KML.-Distancia del metacentro longitudinal.

GMt.- altura metacéntrica transversal medida en metros.

GML.- altura metacéntrica longitudinal medida en metros.

KML.- distancia vertical

TCP.- toneladas por centímetro de inmersión.

MTC.-momentos para trimar un centímetro.

Todos los valores son calculados considerando un asiento y escora nulos. El desplazamiento corresponde a la flotación en agua dulce (1.00 Kg/L de gravedad específica).

3.7. ESTABILIDAD DE LA BARCAZA CON CARGA SEGÚN MANIOBRA

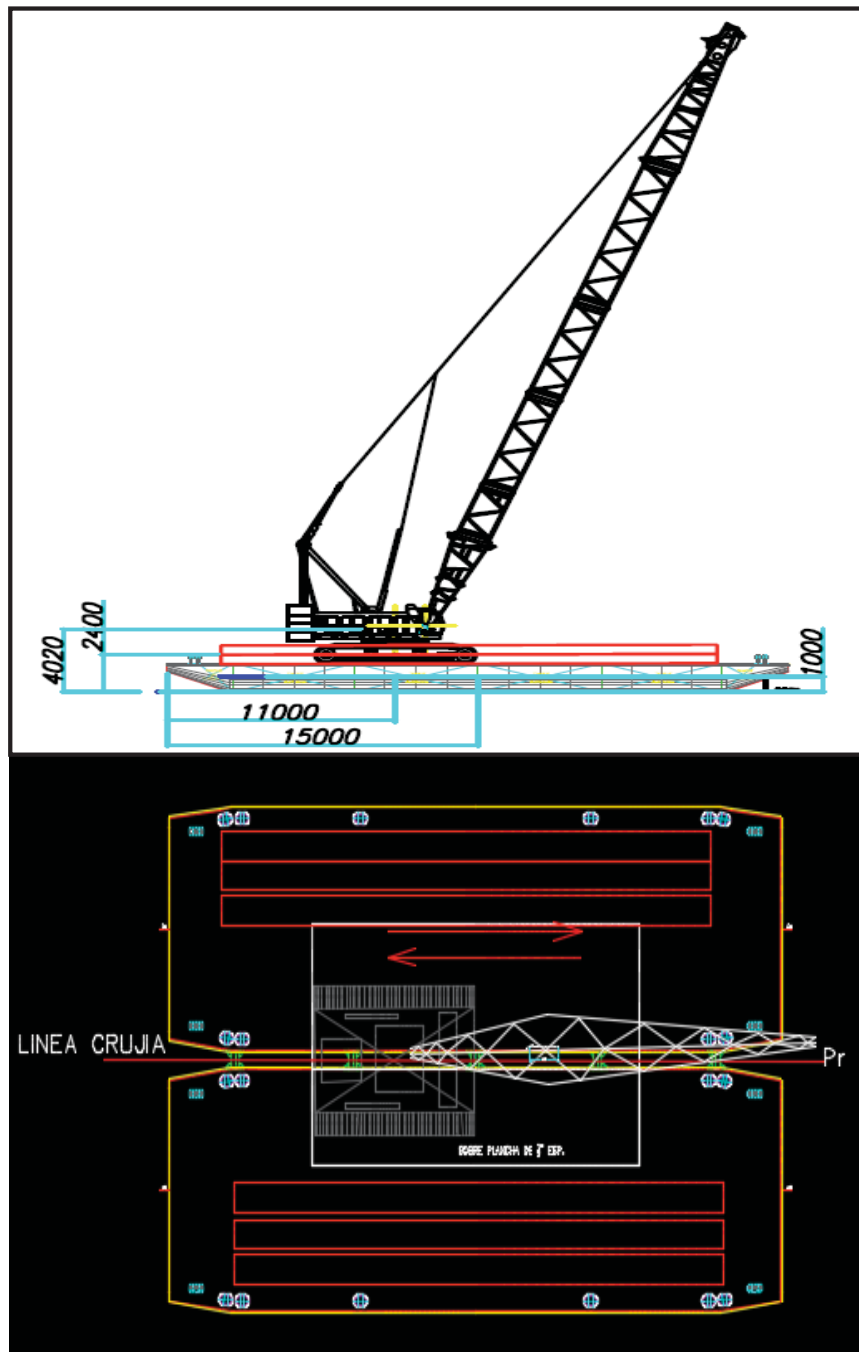
La estabilidad de la barcaza se realizó por diferentes puntos de aplicación dependiendo de la situación crítica de la nave. Para desarrollar el cálculo se considera tres puntos específicos.

3.7.1. SALIDA DE PUERTO (GRUA Y 10 PILOTES EN CUBIERTA)

La primera condición es la salida de puerto, donde la barcaza lleva en cubierta la grua tipo oruga de 145 toneladas de peso (en la zona de operación), y 10 pilotes los cuales deben estar distribuidos en ambas bandas en cantidades y distancias iguales para que el centro de gravedad de los pilotes este en crujía.

FIGURA 43

PRIMERA MANIOBRA GRUA Y PILOTES JUNTOS



Según se realiza la maniobra en la posición se toma los nuevos valores que varía de centro de masa tanto en la longitudinal, la altura y lo ancho de la barcaza según la posición de la maniobra.

- Posición longitudinal del centro de gravedad (LCG)

$$LCG = \frac{150 * 15 + 145 * 11.05 + 250 * 15}{535}$$

$$LCG = 14.04 \text{ metros}$$

- Posición vertical del centro de gravedad (VCG)

$$VCG = \frac{150 * 1.05 + 145 * 4.02 + 250 * 2.4}{535}$$

$$VCG = 2.403 \text{ metros.}$$

TABLA 6

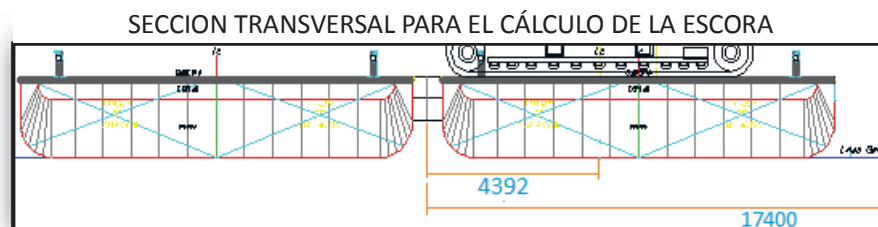
DETERMINACION DE LOS CENTROS DE GRAVEDAD

Descripción	Cantidad	Peso (tn)	Centro de Gravedad longitudinal (m)	Centro Gravedad Lateral (m)	Centro de Gravedad vertical (m)	Momento por Superficie Libre (tn.m)
Barcaza	1	150	15	0	1.05	0
Grúa	1	145	11.05	0	4.02	0
pilote	10	250	15	0	2.4	0
SUBTOTAL		535	14.04	0	2.403	0

FUENTE: ELABORADO POR EL AUTOR

CALCULO DE ESCORA:

FIGURA 44



Donde la sumatoria de momentos escorantes (Me) respecto a un plano tiene que ser equilibrado por el momento restaurador Causado por el brazo adrizante y el empuje.

GM: Altura metacéntrica

GZ: Brazo adrizante

θ : Escora

E: Empuje o desplazamiento (toneladas)

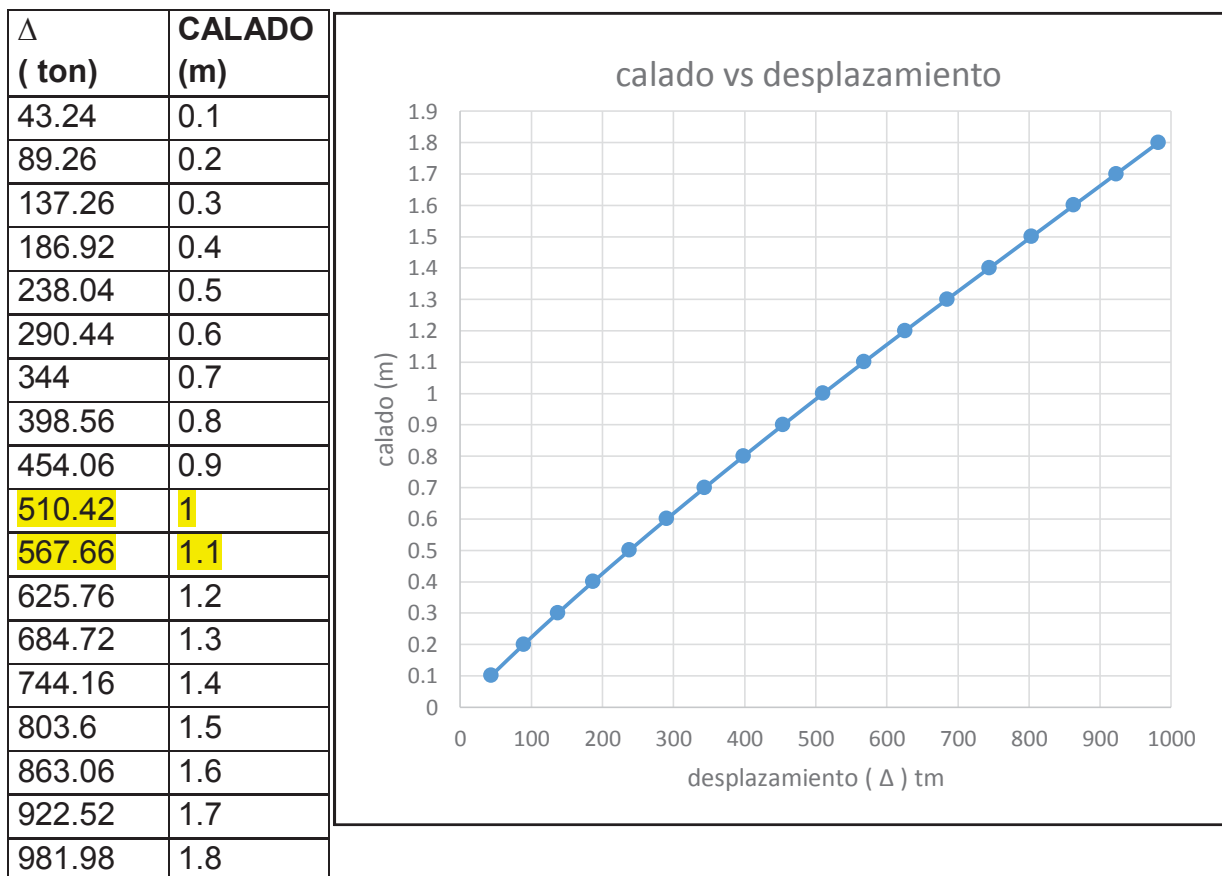
Siendo GM un valor constante hasta $< 10^\circ$

FORMULA:

$$GM = \frac{\sum Me}{E \text{ TANG}(\theta)}$$

TABLA 7

CALADO VS DESPLAZAMIENTO TRANSVERSAL



FUENTE: ELABORADO POR EL AUTOR

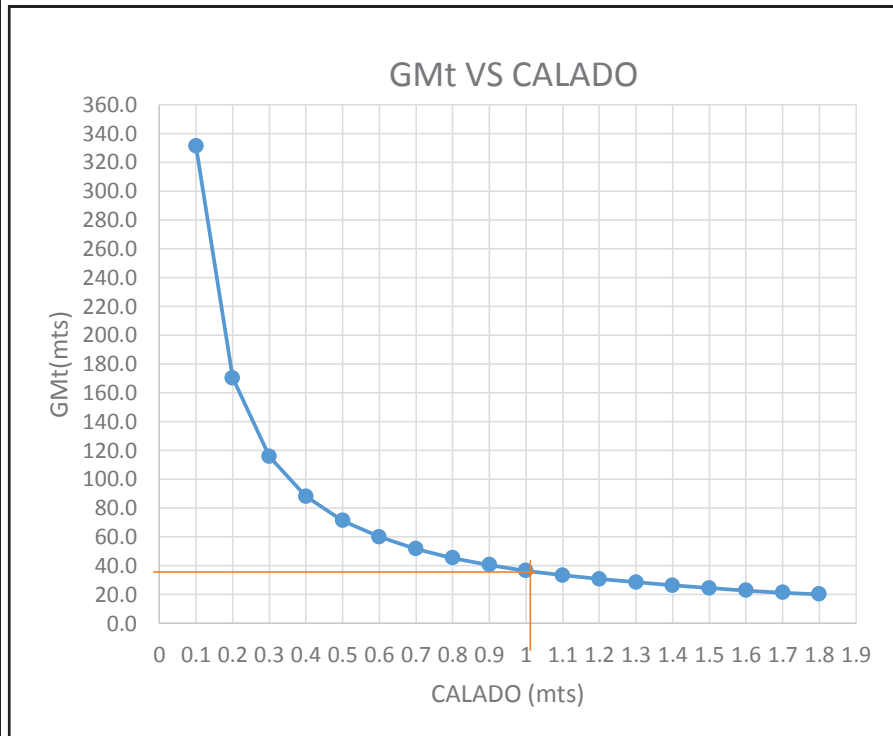
De la tabla y diagrama para 535 t. de desplazamiento interpolando obtenemos un calado de 1.06 m.

Ahora calculamos nuestro GMt nuevo para esta maniobra e interpolando.

TABLA 8

GMt VS CALADO TRANSVERSAL

CALADO	GMt
0.1	331.2
0.2	170.2
0.3	115.7
0.4	88.1
0.5	71.3
0.6	59.9
0.7	51.6
0.8	45.4
0.9	40.4
1	39.2
1.1	33.4
1.2	30.7
1.3	28.5
1.4	26.3
1.5	24.4
1.6	22.8
1.7	21.3
1.8	20.1



FUENTE: ELABORADO POR EL AUTOR

Interpolando nuestro GMt = 38.05 metros

En esta primera maniobra la barcaza observamos el comportamiento de cada uno de sus parámetros y llegaremos a la conclusión de que no generara inclinaciones peligrosas. Como ahora determinaremos el ángulo que escorara transversalmente.

También podemos calcularlo con la siguiente formula:

$$tg(\theta) = \frac{Me}{GMt \times \Delta}$$

Antes debo recordar que el momento se hallara con respecto a la línea de crujía y debemos conocer el siguiente dato el momento escorante que ejercerá la barcaza.

De acuerdo a los datos proporcionados por el departamento de meteorología de la marina de guerra del Perú.

Presión del viento = 540 Pa.

Velocidad del viento = 30 m/s.

Para un área muerta proyectada del lado de costado aproximado de 100 m².

$$F_v = P_v * A$$

$$F_v = 54000N = 5504.6kg$$

$$M_e = F_v * GZ$$

$$M_e = 5504.6kg * 4.8m$$

$$M_e = 26.42toneladas * metro$$

Ahora de acuerdo a la fórmula del tangente conocidos el desplazamiento y el GMt reemplazamos:

$$Tg(\theta) = \frac{M_e}{\Delta * GMt}$$

$$Tg(\theta) = \frac{26.42TN.m}{535TN * 38.05m}$$

$$\theta = Tg^{-1}(1.2978 * 10^{-3})$$

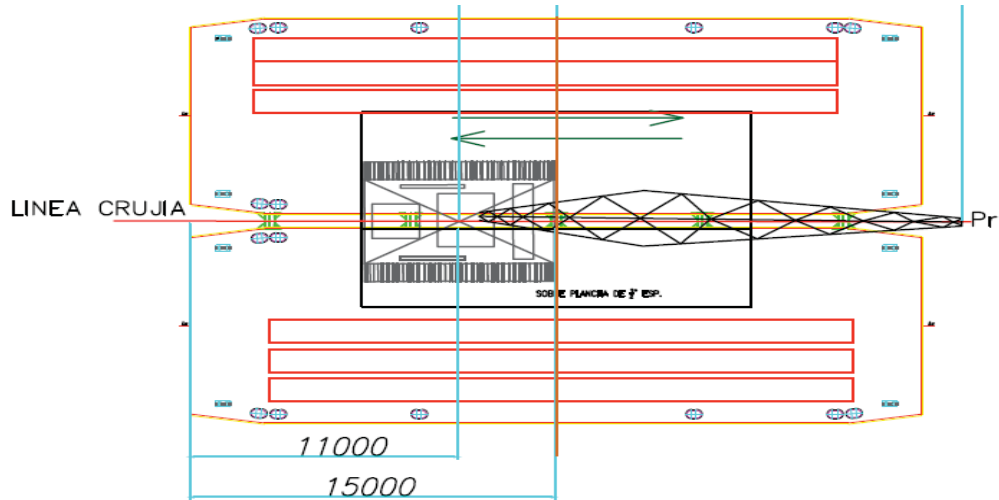
$$\theta = 0.0743^\circ$$

CALCULO DEL ASIEN TO:

Se dice así al ángulo de inclinación longitudinal cuando la pluma se encuentra posicionada en forma paralela a la longitud de la barcaza.

FIGURA 45

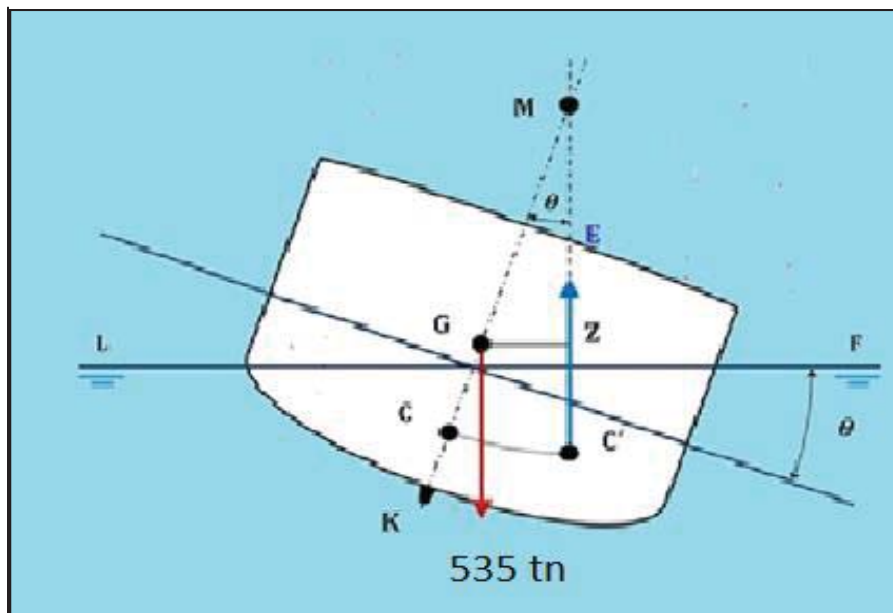
VISTA DE PLANTA PARA LOS ASIEN TO



Similar que en la estabilidad transversal tiene los mismos parámetros de desplazamiento y empuje en el centro de gravedad y centro de carena respectivamente como se muestra en la figura.

FIGURA 46

DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE SECCION LONGITUDINAL

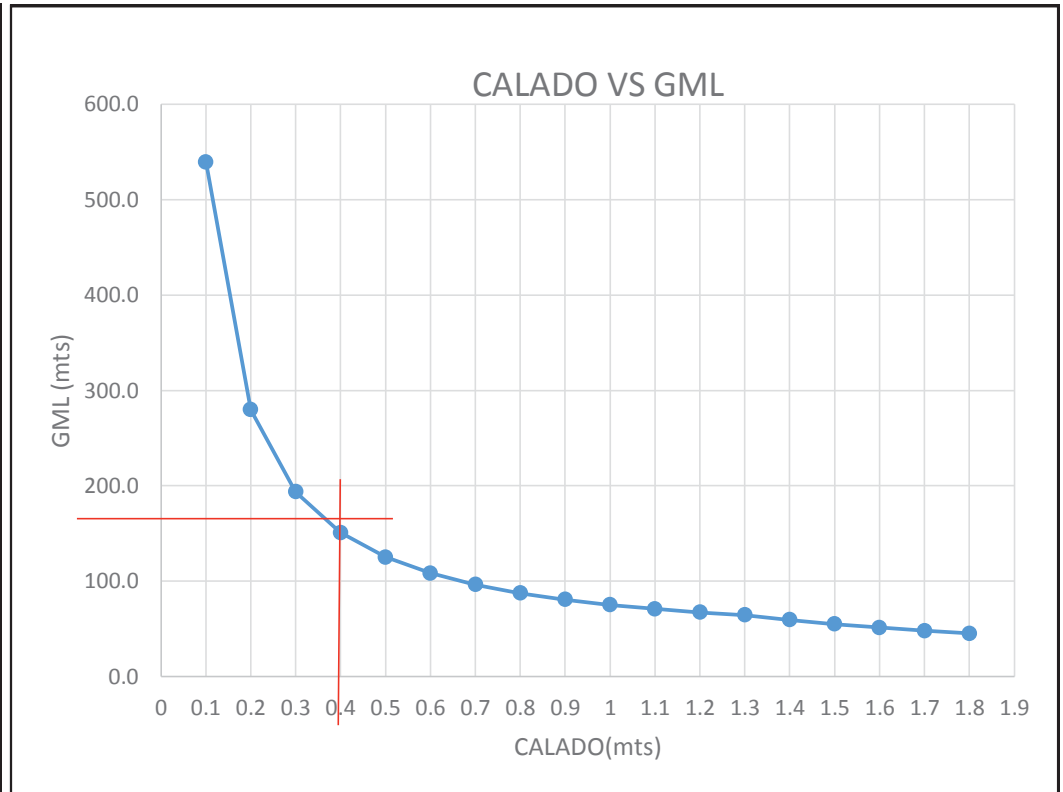


Para un calado de 1.0175 metros ubicamos nuestra altura metacéntrica longitudinal verdadera e interpolando.

TABLA 9

CALADO VS GML LONGITUDINAL

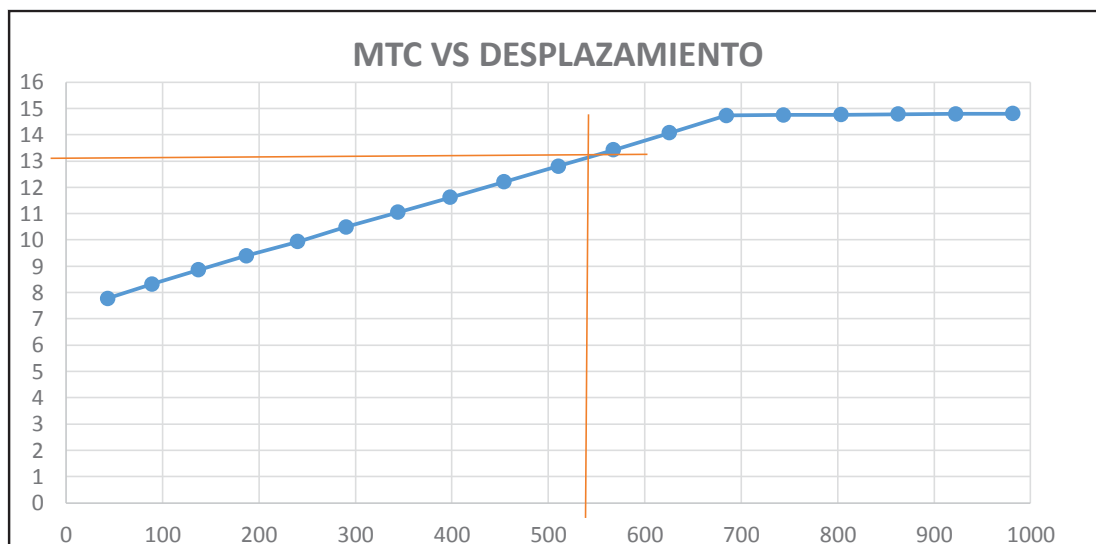
Calado	GML
0.1	539.6
0.2	279.8
0.3	193.7
0.4	150.9
0.5	125.3
0.6	108.4
0.7	96.4
0.8	87.5
0.9	80.7
1	75.3
1.1	71.0
1.2	67.5
1.3	64.6
1.4	59.5
1.5	55.2
1.6	51.4
1.7	48.1
1.8	45.3



FUENTE: ELABORADO POR EL AUTOR

Para un calado de 1.0175 m se obtiene → GML= 74.65 m

Ahora calculando el MTC del grafico siguiente



FUENTE: ELABORADO POR EL AUTOR

Para un Δ de 535 T tenemos un MTC de 13.15 luego.

$$GM_L = \frac{MTC * 100 * L}{\Delta} = \frac{13.15 * 100 * 30}{535} = 73.73 m$$

$$\alpha = Tg^{-1} \left(\frac{Me}{\Delta * GML} \right)$$

Sabiendo que Me (momento escorante) se calcula de la siguiente manera

$$Me = P_v * dt$$

P_v : presión del viento

dt : distancia de gravedad longitudinal.

Presión del viento = 540 Pa.

Velocidad del viento = 30 m/s.

Para un área muerta proyectada del lado de posterior es aproximado de 70 m².

$$F_v = P_v * A$$

$$F_v = 37800N = 3859.38kg$$

El centro de gravedad longitudinal se especifica en el cuadro al inicio

$$Me = F_v * dT$$

$$Me = 3859.38kg * 14.04m$$

$$Me = 54.185toneladas * metro$$

Por consiguiente el asiento es nos da el siguiente resultado.

$$\alpha = Tg^{-1} \left(\frac{54.185TNm}{535TN * 73.73m} \right)$$

$$\alpha = 0.67^\circ$$

Teniendo todos los parámetros calculados analíticamente lo comparamos con los datos calculados del software llegando a la conclusión que para esta primera maniobra los datos determinados previamente observamos que se aproximan.

TABLA 10

PARAMETROS OBTENIDOS DE ESTABILIDAD

DESPLAZAMIENTO	Δ	535	TM
POS. LONG. CENTRO DE GRAVEDAD	LCG	14.04	m
POS. VERTICAL DEL CENTRO DE GRAVEDAD	VCG	2.403	m
RADIO METACENTRICO TRANSVERSAL	GMT	38.05	m
CALADO DE POPA	C _{PP}	1.217	m
CALADO DE PROA	C _{PR}	0.818	m
ANGULO DE ASIENTO	α	0.76	° Pp
ANGULO DE ESCORA	θ	0	° Br
AREA LATERAL PROY. AL VIENTO	Apv	100	m ²
PRESION EJERCIDA POR EL VIENTO	Pv	540	Pa
	Pv	55.05	Kg/m ²
FUERZA EJERCIDA POR EL VIENTO	Fv	5504.6	Kg
BRAZO DEL CENTROIDE AL VCB	dv	12	m

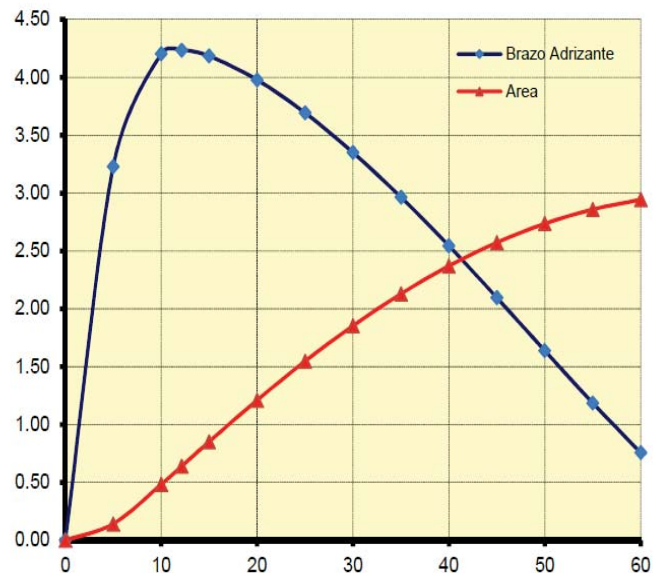
FUENTE: ELABORADO POR EL AUTOR

A continuación haremos un análisis del comportamiento del brazo adrizante y el área en metros por radianes en base a los parámetros calculados de la estabilidad estática.

TABLA 11

CURVAS GENERADAS POR LA ESCORA Y BRAZO ADRIZANTE

Escora (deg)	Brazo Adrizante (m)	Area (m·Rad)
0.00	0	0
5.00	3.229	0.141
10.00	4.202	0.482
15.00	4.183	0.851
20.00	3.977	1.21
25.00	3.692	1.546
30.00	3.349	1.853
35.00	2.964	2.129
40.00	2.543	2.37
45.00	2.096	2.572
50.00	1.637	2.735
55.00	1.185	2.858
60.00	0.756	2.943



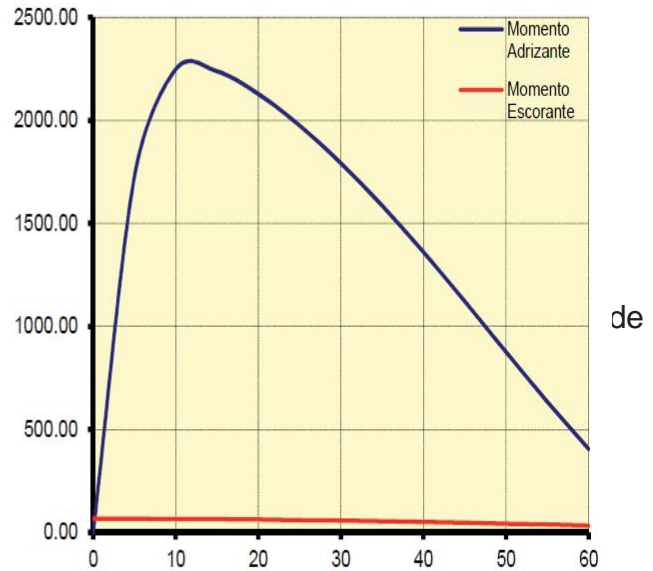
FUENTE: ELABORADO POR EL AUTOR

Ahora para los momentos adrizantes y escorantes obtenemos los siguientes resultados.

TABLA 12

MOMENTO ADRIZANTE VS MOMENTO ESCORANTE

Escora (deg)	Brazo Adrizante (m)	Momento Adrizante (TM-m)	Momento Escorante (TM-m)
0.00	0	0.00	66.06
5.00	3.229	1727.52	65.80
10.00	4.202	2248.07	65.05
15.00	4.183	2237.91	63.80
20.00	3.977	2127.70	62.07
25.00	3.692	1975.22	59.87
30.00	3.349	1791.72	57.21
35.00	2.964	1585.74	54.11
40.00	2.543	1360.51	50.60
45.00	2.096	1121.36	46.71
50.00	1.637	875.80	42.46
55.00	1.185	633.98	37.89
60.00	0.756	404.46	33.03



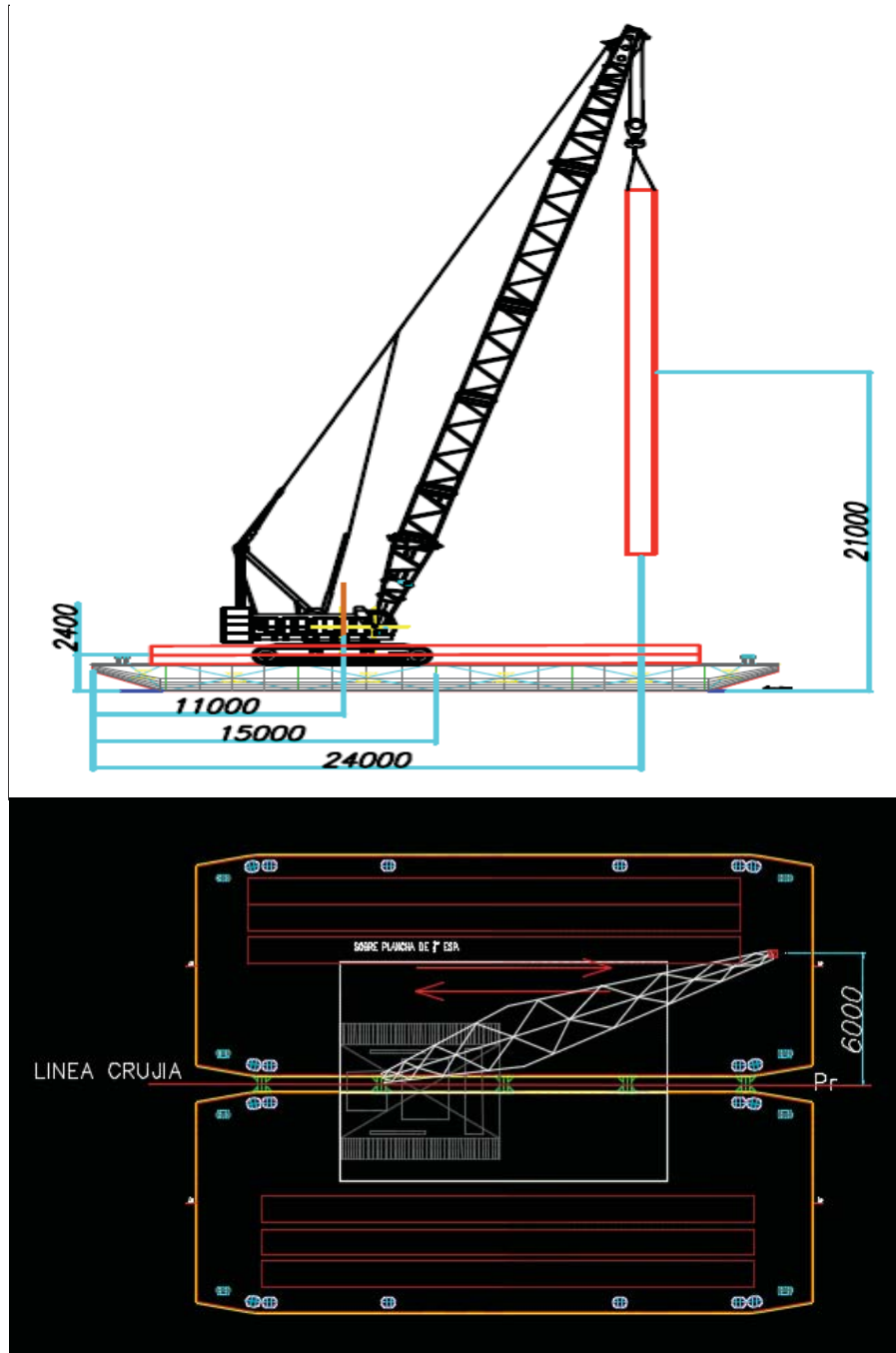
FUENTE: ELABORADO POR EL AUTOR

3.7.2. MANIOBRA DE LA GRUA AL LEVANTAR UN PILOTE

Esta condición de maniobra, es donde la grúa empezaría a levantar un pilote, uno por cada banda, en esta ocasión el pilote se encuentra en posición vertical estando encima de la cubierta, a 6 m de la línea crujía, en esta maniobra la barcaza se escora 0.42° . Como se verá más adelante.

FIGURA 47

SEGUNDA MANIOBRA

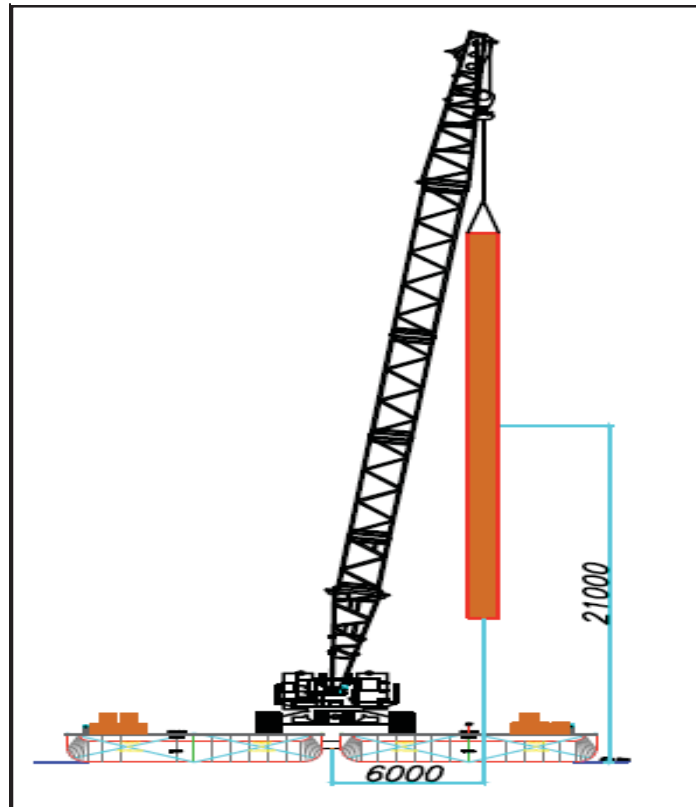


FUENTE: ELABORADO POR EL AUTOR.

Según se realiza la maniobra en la posición se toma los nuevos valores que varía de centro de masa tanto en la longitudinal, la altura y lo ancho de la barcaza según la posición de la maniobra.

FIGURA 48

VISTA TRANSVERSAL DE LA MANIOBRA



FUENTE: ELABORADO POR EL AUTOR

- Posición longitudinal del centro de gravedad (LCG)

$$LCG = \frac{150 \cdot 15 + 145 \cdot 11.05 + 225 \cdot 15 + 25 \cdot 24}{535}$$

$$LCG = 14.604 \text{ metros}$$

- Posición vertical del centro de gravedad (VCG)

$$VCG = \frac{150 \cdot 1.05 + 145 \cdot 4.02 + 225 \cdot 2.4 + 25 \cdot 21}{535}$$

$$VCG = 3.27 \text{ metros.}$$

- Posición del centro de gravedad lateral.

$$LaCG = \frac{150 \cdot 0 + 145 \cdot 0 + 225 \cdot 0 + 25 \cdot 6}{535}$$

$$LaCG = 0.28m$$

TABLA 11

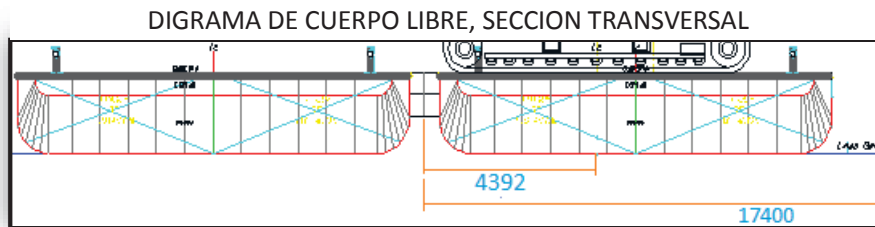
DETERMINACION DE CENTROS DE GRAVEDAD, PARA LA SEGUNDA MANIOBRA

Descripción	Cantidad	Peso (tn)	Centro de Gravedad longitudinal (m)	Centro Gravedad Lateral (m)	Centro de Gravedad vertical (m)	Momento por Superficie Libre (tn.m)
Barcaza	1	150	15	0	1.05	0
Grúa	1	145	11.05	0	4.02	0
pilote	9	225	15	0	2.4	0
Pilote Maniobra	1	25	24	6(Br)	21	0
SUBTOTAL		535	14.604	0.280(br)	3.27	0

FUENTE: ELABORADO POR EL AUTOR

CALCULO DE ESCORA:

FIGURA 49



Donde la sumatoria de momentos escorantes (Me) respecto a un plano tiene que ser equilibrado por el momento restaurador Causado por el brazo adrizante y el empuje.

GM: Altura metacéntrica

GZ: Brazo adrizante

θ : Escora

E: Empuje o desplazamiento (toneladas)

Siendo GM un valor constante hasta $< 10^\circ$

$$GM = \frac{\sum Me}{E \text{ TANG}(\theta)}$$

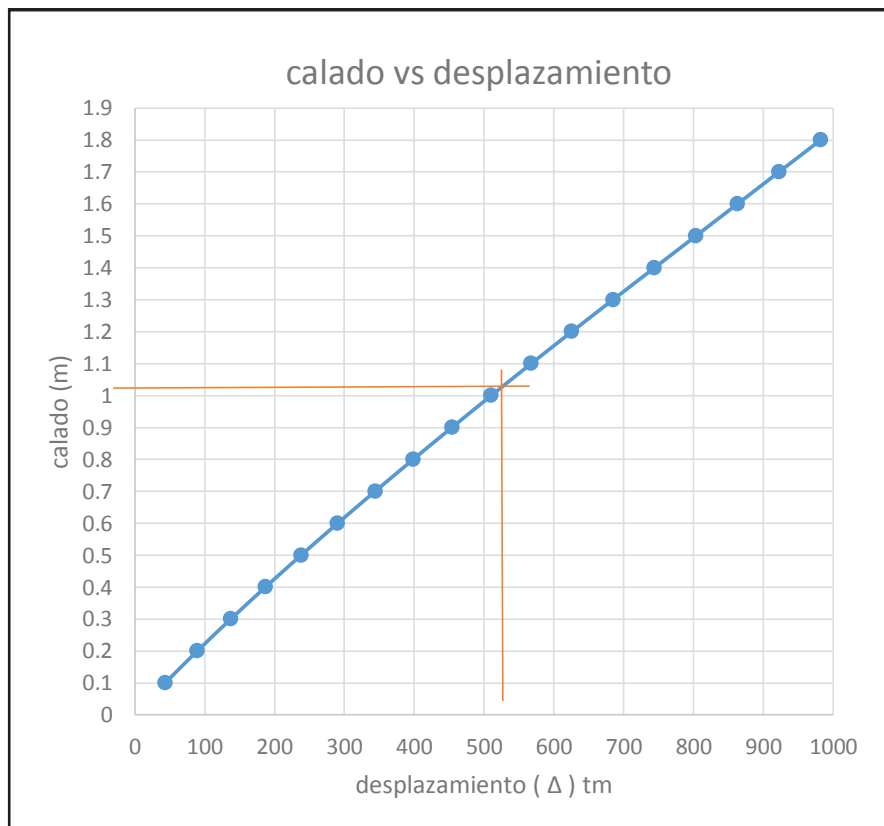
Como la maniobra anterior sabemos que tenemos un desplazamiento de 535 toneladas y su calado no variara mucho con respecto a este.

Luego procederemos a calcular su altura metacéntrica y seguidamente su posición nueva del centro de gravedad.

TABLA 12

CALADO VS DESPLAZAMIENTO

Δ (ton)	CALADO (m)
43.24	0.1
89.26	0.2
137.26	0.3
186.92	0.4
238.04	0.5
290.44	0.6
344	0.7
398.56	0.8
454.06	0.9
510.42	1
567.66	1.1
625.76	1.2
684.72	1.3
744.16	1.4
803.6	1.5
863.06	1.6
922.52	1.7
981.98	1.8



FUENTE: ELABORADO POR EL AUTOR

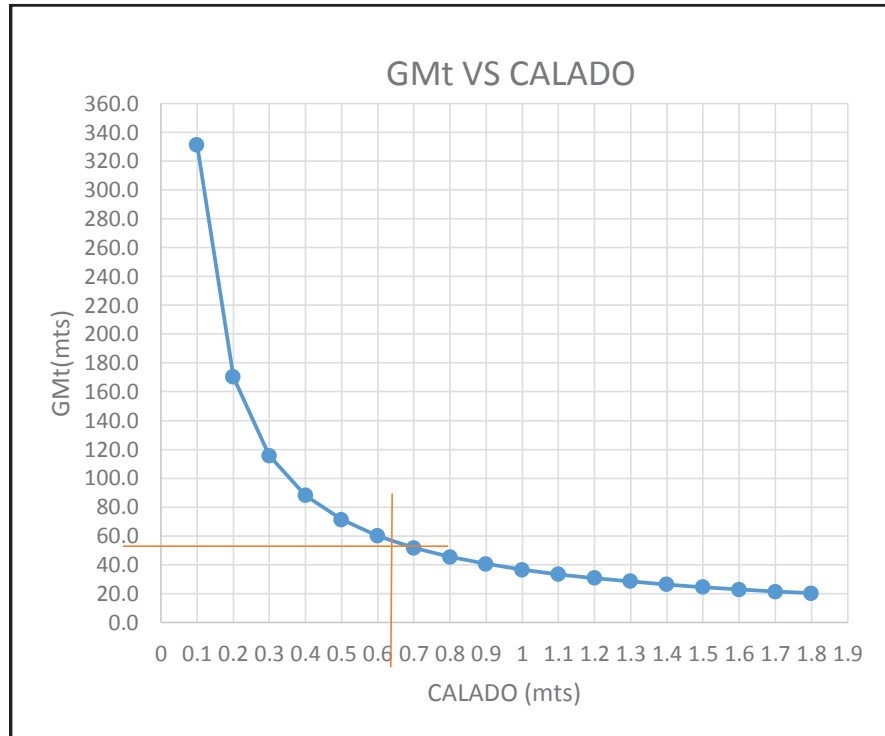
Interpolando para un desplazamiento de 535 T. obtenemos un calado de 1.06 m

Ahora seguidamente con el calado hallamos nuestro G1M nuevo para así interpolar.

TABLA 13

CALADO VS GMt

CALADO	GMt
0.1	331.2
0.2	170.2
0.3	115.7
0.4	88.1
0.5	71.3
0.6	59.9
0.7	51.6
0.8	45.4
0.9	40.4
1	39.5
1.1	33.4
1.2	30.7
1.3	28.5
1.4	26.3
1.5	24.4
1.6	22.8
1.7	21.3
1.8	20.1



FUENTE: ELABORADO POR EL AUTOR

Interpolando nuestra altura metacéntrica será: G1M = 38.05 m.

En esta segunda maniobra la barcaza observamos el comportamiento de cada uno de sus parámetros y llegaremos a la conclusión de que no generara inclinaciones peligrosas. Como ahora determinaremos el ángulo que escorara transversalmente.

También podemos calcularlo con la siguiente formula:

$$tg(\theta) = \frac{Me}{GMt \times \Delta}$$

Antes debo recordar que el momento se hallara con respecto a la línea de crujía y debemos conocer el siguiente dato el momento escorante que ejercerá la barcaza.

De acuerdo a los datos proporcionados por el departamento de meteorología de la marina de guerra del Perú.

Presión del viento = 540 Pa.

Velocidad del viento = 30 m/s.

Para un área muerta proyectada del lado de costado aproximado de 100 m².

$$F_v = P_v * A$$

$$F_v = 54000N = 5504.6kg$$

$$M_1 = F_v * VCG$$

$$M_1 = 5504.6kg * 3.27m$$

$$M_1 = 18.08toneladas * metro$$

$$M_2 = E * GZ$$

$$M_2 = 535TN * 3.83m$$

$$M_2 = 2049.05toneladas * metro$$

$$M_3 = Pilote - MAX * dt(lateral)$$

$$M_3 = 100TN * 6m$$

$$M_3 = 600toneladas * metro$$

$$M_4 = Pilotes * dt(lineacrujia)$$

$$M_4 = 125TN * 10m$$

$$M_4 = 1250toneladas * metro$$

Entonces la suma de momentos con respecto a a línea de crujía y su regla de signos correspondiente se determina así:

$$\sum Me = -M_1 + M_2 - M_3 - M_4$$

$$\sum Me = -18.08 + 2049.05 - 600 - 1250$$

$$\sum Me = 180.97toneladas.metro$$

Ahora de acuerdo a la fórmula del tangente conocidos el desplazamiento y el GMt reemplazamos:

$$Tg(\theta) = \frac{\sum Me}{\Delta * GMt}$$

$$Tg(\theta) = \frac{180.97TN.m}{535TN * 38.05m}$$

$$\theta = Tg^{-1}(6.2387 * 10^{-3})$$

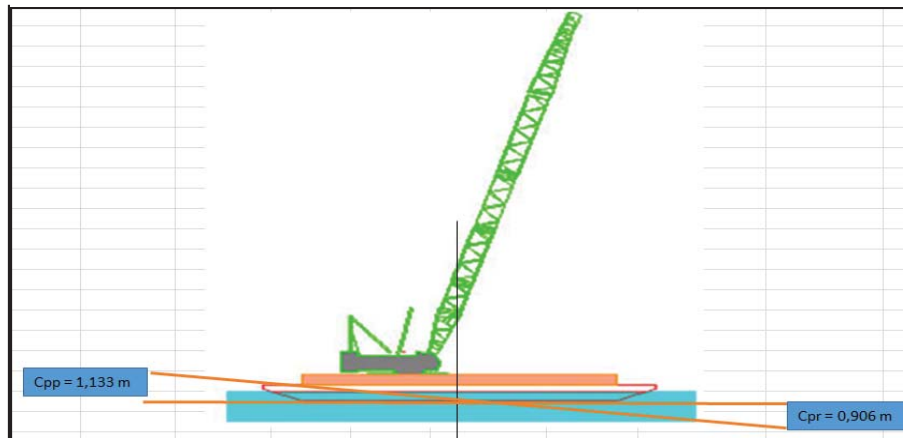
$$\theta = 0.4075^\circ$$

CALCULO DE CALADOS

Los calados son calculados por intermedio del programa a continuación podemos observar en la zona de la popa (parte posterior donde va ubicada la grúa) se hundirá 1.217 metros, y en la zona de proa (parte delantera de la barcaza) el hundimiento es 0.818 metros.

FIGURA 50

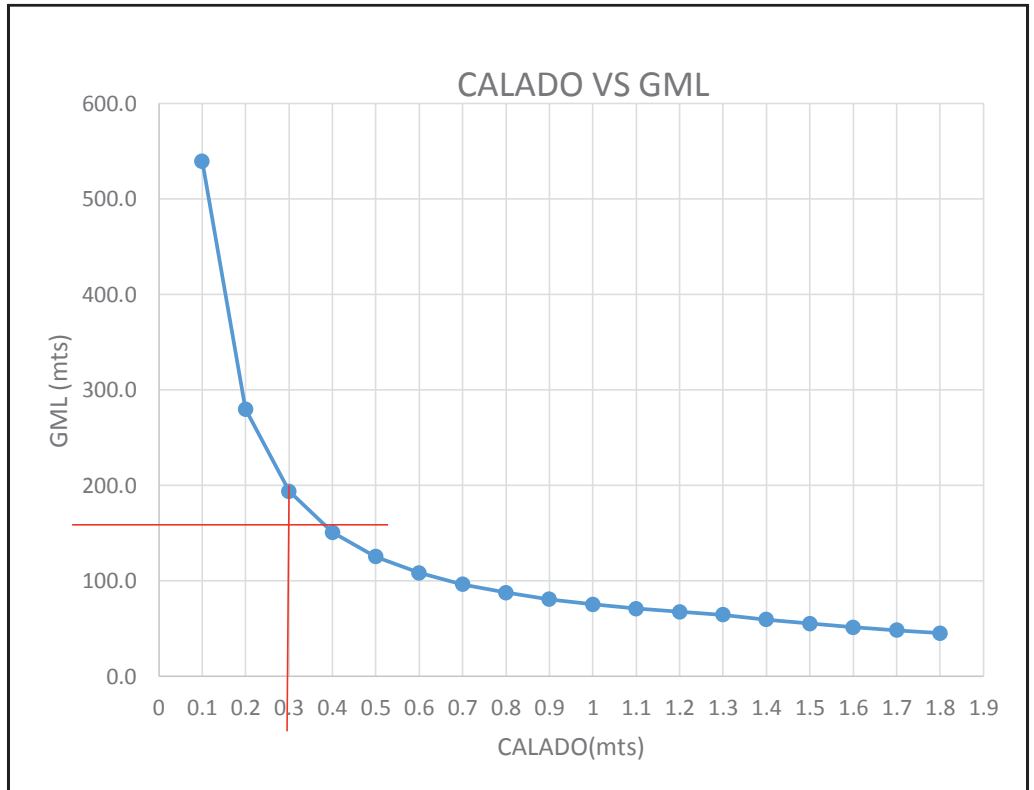
CALADOS PARA LA SEGUNDA MANIOBRA



Se dice así al ángulo de inclinación longitudinal cuando la pluma se encuentra Posicionada en forma paralela a la longitud de la barcaza.
 Para un calado de 1.0175 metros ubicamos nuestra altura metacéntrica longitudinal verdadera e interpolando.

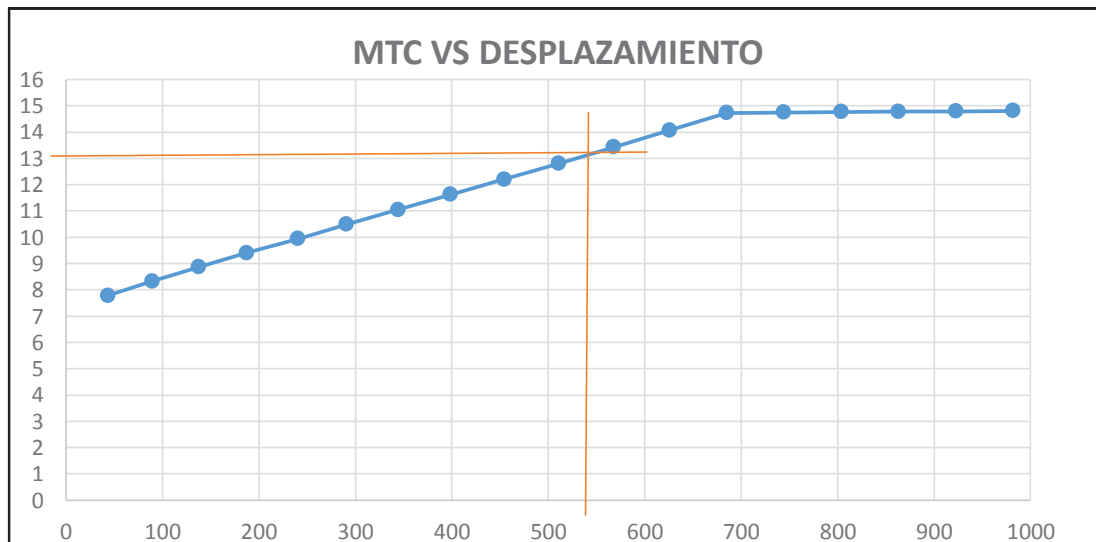
TABLA 14
CALADO VS GML

Calado	GML
0.1	539.6
0.2	279.8
0.3	193.7
0.4	150.9
0.5	125.3
0.6	108.4
0.7	96.4
0.8	87.5
0.9	80.7
1	75.3
1.1	71.0
1.2	67.5
1.3	64.6
1.4	59.5
1.5	55.2
1.6	51.4
1.7	48.1
1.8	45.3



FUENTE: ELABORADO POR EL AUTOR

Para un calado de 1.0175 m se obtiene → GML= 74.65 m



Para un Δ de 535 T tenemos un MTC de 13.15 luego.

$$GM_L = \frac{MTC * 100 * L}{\Delta} = \frac{13.15 * 100 * 30}{535} = 73.73 \text{ m}$$

$$\alpha = Tg^{-1} \left(\frac{Me}{\Delta * GML} \right)$$

Sabiendo que Me (momento escorante) se calcula de la siguiente manera

$$Me = P_v * dt$$

P_v : presión del viento

dt : distancia de gravedad longitudinal.

Presión del viento = 540 Pa.

Velocidad del viento = 30 m/s.

Para un área muerta proyectada del lado de posterior es aproximado de 70 m².

$$F_v = P_v * A$$

$$F_v = 37800N = 3859.38kg$$

El centro de gravedad longitudinal se especifica en el cuadro al inicio

$$M_1 = F_v * VCG$$

$$M_1 = 3859.38kg * 3.27m$$

$$M_1 = 12.62 \text{ toneladas} * \text{metro}$$

$$M_2 = \text{Peso}(Grua) * dT$$

$$M_2 = 145TN * 4m$$

$$M_2 = 580 \text{ toneladas} * \text{metro}$$

$$M_3 = \text{Pilote} - \text{Max} * dT$$

$$M_3 = 100TN * 9m$$

$$M_3 = 900 \text{ toneladas} * \text{metro}$$

Entonces la suma de momentos con respecto a a línea de crujía transversal y su regla de signos correspondiente se determina así:

$$\sum Me = -M_1 + M_2 - M_3$$

$$\sum Me = -12.62 + 580 - 900$$

$$\sum Me = 332.62 \text{ toneladas} * \text{metro}$$

El resultado de estos momentos indica que el sentido de giro será por el lado de la grúa.

$$\alpha = \text{Tg}^{-1} \left(\frac{332.62 \text{TNm}}{535 \text{TN} * 74.73 \text{m}} \right)$$

$$\alpha = 0.46^\circ$$

Teniendo todos los parámetros calculados analíticamente lo comparamos con los datos calculados del software llegando a la conclusión que para esta primera maniobra los datos determinados previamente observamos que se aproximan.

TABLA 14

PRINCIPALES PARAMETROS CALCULADOS

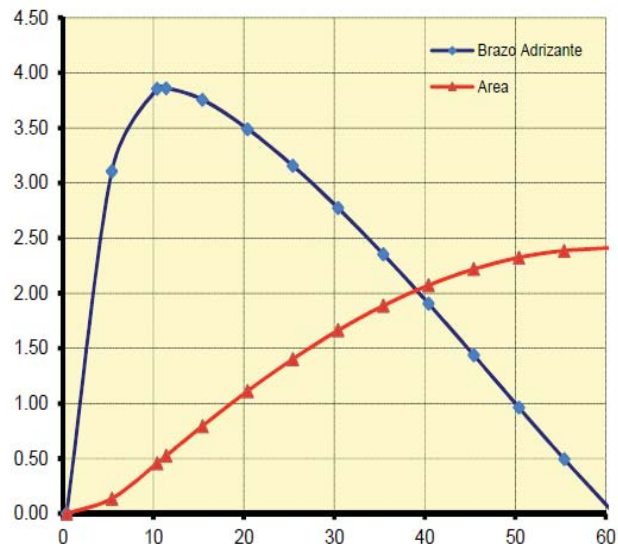
DESPLAZAMIENTO	Δ	535	TM
POS. LONG. CENTRO DE GRAVEDAD	LCG	14.461	m
POS. VERTICAL DEL CENTRO DE GRAVEDAD	VCG	3.272	m
RADIO METACENTRICO TRANSVERSAL	GMT	38.05	m
CALADO DE POPA	C_{PP}	1.133	m
CALADO DE PROA	C_{PR}	0.906	m
ANGULO DE ASIENTO	α	0.43	$^\circ \text{Pp}$
ANGULO DE ESCORA	θ	0.42	$^\circ \text{Br}$
AREA LATERAL PROJ. AL VIENTO	A_{pv}	100	m^2
PRESION EJERCIDA POR EL VIENTO	P_v	540	Pa
FUERZA EJERCIDA POR EL VIENTO	F_v	5504.6	Kg
BRAZO DEL CENTROIDE AL VCB	d_v	12	m

FUENTE: ELABORADO POR EL AUTOR

TABLA 15

COMPORTAMIENTO DEL ANALISIS ESTATICO

Escora (deg)	Brazo Adrizante (m)	Area (m-Rad)
0.42	0	0
5.42	3.106	0.136
10.42	3.857	0.456
15.42	3.758	0.793
20.42	3.491	1.112
25.42	3.158	1.402
30.42	2.774	1.662
35.42	2.354	1.886
40.42	1.906	2.072
45.42	1.438	2.218
50.42	0.962	2.323
55.42	0.494	2.386
60.42	0.048	2.41



FUENTE: ELABORADO POR EL AUTOR

TABLA 16

ESTATUS DE ACUERDO A LA NORMA IMO

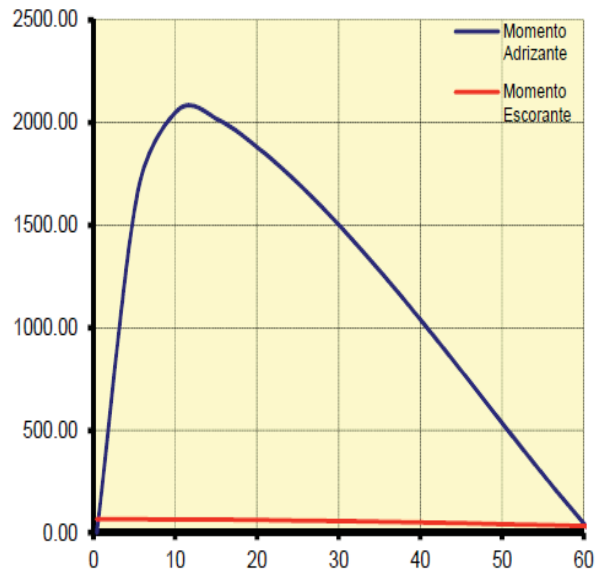
IMO	PERMITIDO	ACTUAL	MARGEN	ESTATUS
Área desde 0.00° hasta el MaxRA	>0.0800 m-R	0.524	0.444	CUMPLE
Alcance de la estabilidad mínimo L<100 m	>20°	>60.42°		CUMPLE

FUENTE: ELABORADO POR EL AUTOR

TABLA 17

COMPORTAMIENTO DEL BRAZO ADRIZANTE

Escora (deg)	Brazo Adrizante (m)	Momento Adrizante (TM-m)	Momento Escorante (TM-m)
0.42	0	0.00	66.05
5.42	3.106	1661.71	65.76
10.42	3.857	2063.50	64.97
15.42	3.758	2010.53	63.68
20.42	3.491	1867.69	61.90
25.42	3.158	1689.53	59.66
30.42	2.774	1484.09	56.96
35.42	2.354	1259.39	53.83
40.42	1.906	1019.71	50.29
45.42	1.438	769.33	46.36
50.42	0.962	514.67	42.09
55.42	0.494	264.29	37.49
60.42	0.048	25.68	32.61



de

FUENTE: ELABORADO POR EL AUTOR

TABLA 18

ALTURA METACENTRICA EN FUNCION DE LA ESCORA

GMt (metros)		38.05
θ	GZ	senθ
0	0.0	0.000
5	4.8	0.087
10	9.6	0.174
15	14.3	0.259
20	18.9	0.342
25	23.4	0.423
30	27.7	0.500
35	31.7	0.574
40	35.6	0.643
45	39.1	0.707
50	42.4	0.766
55	45.3	0.819
60	47.9	0.866
65	50.2	0.906
70	52.0	0.940
75	53.4	0.966
80	54.5	0.985
85	55.1	0.996
90	55.3	1.000

FUENTE: ELABORADO POR EL AUTOR

LECTURA DE ASIENTOS Y ESCORAMIENTOS

Posición inicial	GM	LCG	TCG	VCG
Grúa Principal	38.05	15 m	0.28	4.2

Δ (Barcaza + Grúa)	320	TM	Grúa +Barcaza + pilote
VCG (BARC y GRUA)	3.27	M	Estimado

- LCG Centro longitudinal de gravedad desde la CD. 0
- VCG Centro vertical de gravedad desde la línea de base
- TCG CENTRO TRANSVERSAL DE GRAVEDAD DESDE LA LINEA DE CRUJIA
- ϕ ANGULO DE LA PLUMA RESPECTO A LA LINEA DE CRUGIA
- TPC TONELADAS POR CENTIMETRO DE INMERSION

MTC	MOMENTO PARA TRIMAR UN CENTIMETRO
GML	ALTURA METACENTRICA LONGITUDINAL
GMT	ALTURA METACENTRICA TRANSVERSAL
α	ANGULO DE ASIENTO
θ	ANGULO DE ESCORA

TABLA 19

LECTURA DE ASIENTOS Y ESCORAMIENTOS

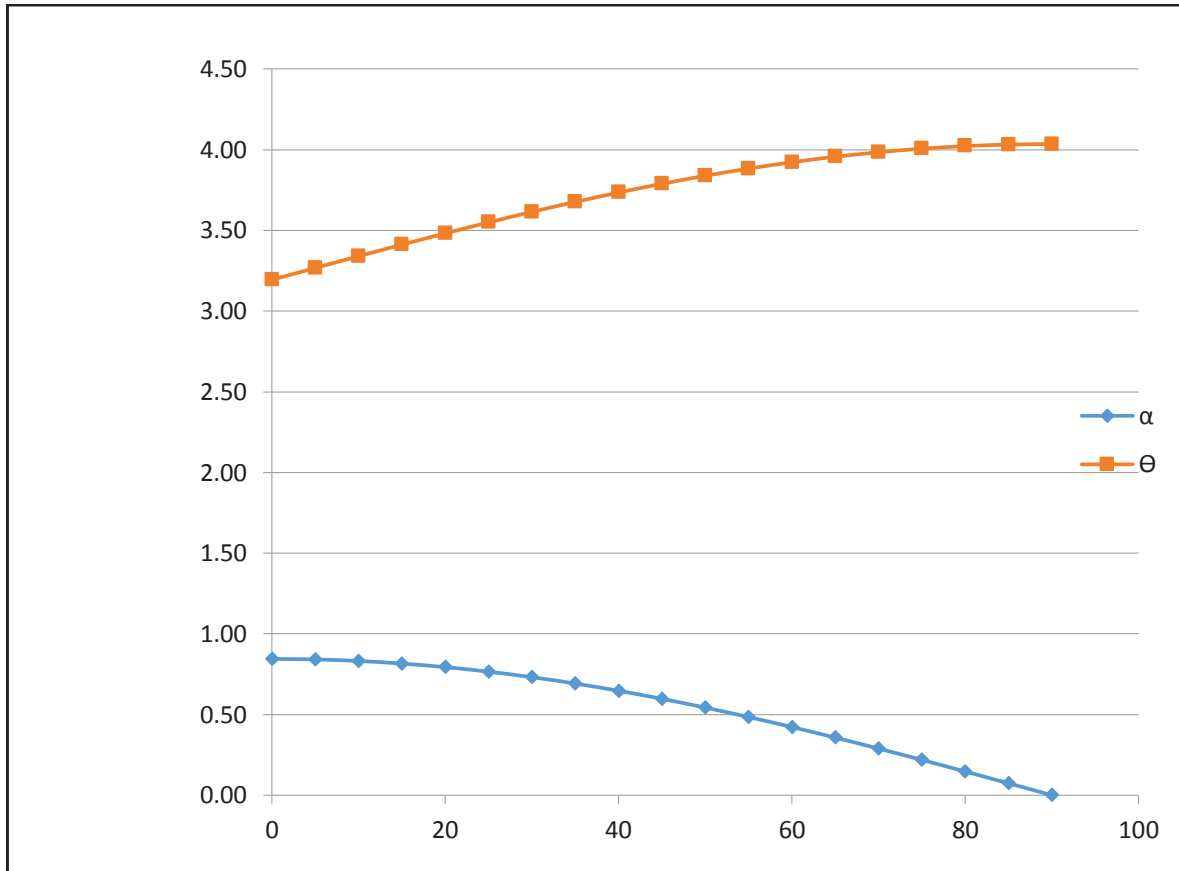
Φ	TPC	MTC	GML	GMT	α (PROA)	θ (BABOR)
0	4.32	7.78	539.54	331.15	0.84	3.19
5	4.46	8.32	279.79	170.20	0.84	3.27
10	4.58	8.86	193.64	115.68	0.83	3.34
15	4.67	9.40	150.81	88.05	0.82	3.41
20	4.81	9.94	124.00	70.51	0.79	3.48
25	4.84	10.49	108.34	59.85	0.77	3.55
30	4.91	11.05	96.35	51.60	0.73	3.62
35	4.98	11.62	87.45	45.32	0.69	3.68
40	5.05	12.20	80.61	40.40	0.65	3.74
45	5.10	12.80	75.25	36.49	0.60	3.79
50	5.16	13.43	70.95	33.32	0.54	3.84
55	5.21	14.07	67.45	30.69	0.48	3.88
60	5.27	14.73	64.52	28.46	0.42	3.92
65	5.32	14.75	59.47	26.25	0.36	3.96
70	5.36	14.77	55.12	24.35	0.29	3.98
75	5.39	14.78	51.37	22.71	0.22	4.01
80	5.43	14.79	48.09	21.29	0.15	4.02
85	5.46	14.81	45.24	20.05	0.07	4.03
90	5.44	14.80	42.23	19.22	0.00	4.04

FUENTE: ELABORADO POR EL AUTOR.

En el siguiente grafico el comportamiento de las inclinaciones de la barcaza.
Con curva de color anaranjado nos da la inclinación transversal (escora)
Con curva de color azul nos da la inclinación longitudinal (asiento).

TABLA 20

COMPORTAMIENTO DE LAS INCLINACIONES TRANSVERSAL Y LONGITUDINAL



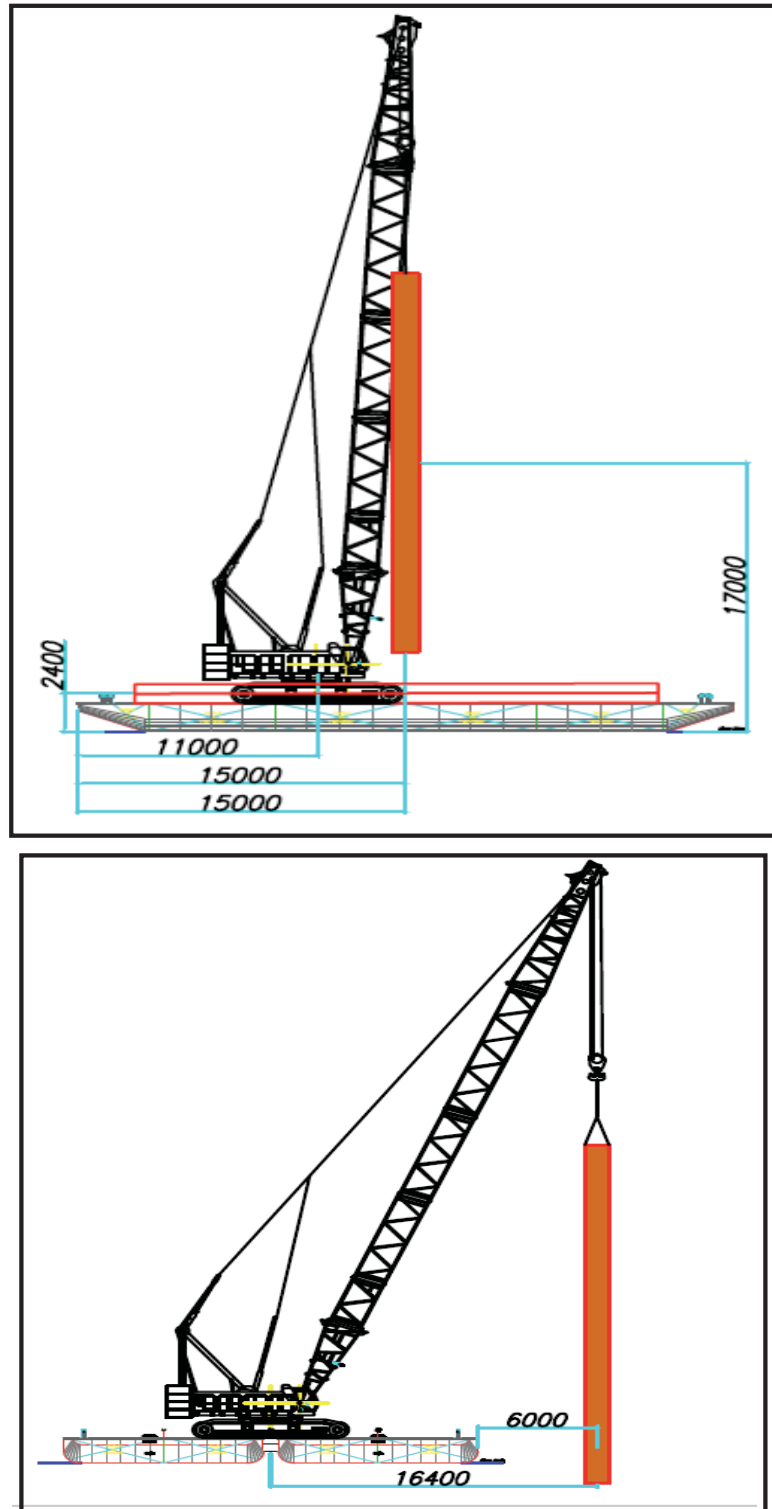
FUENTE: ELABORADO POR EL AUTOR

3.7.3. MANIOBRA DE LA GRUA AL DEJAR EL PILOTE A 6 m DE BORDA.

Para esta posición la barcaza soportara un momento crítico de momentos debido a que el pilote de 25 toneladas es puesta a su posición final sobre la orilla ubicada a 6m de borda tal como se muestra en el gráfico.

FIGURA 51

MANIOBRAS SECCION LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL

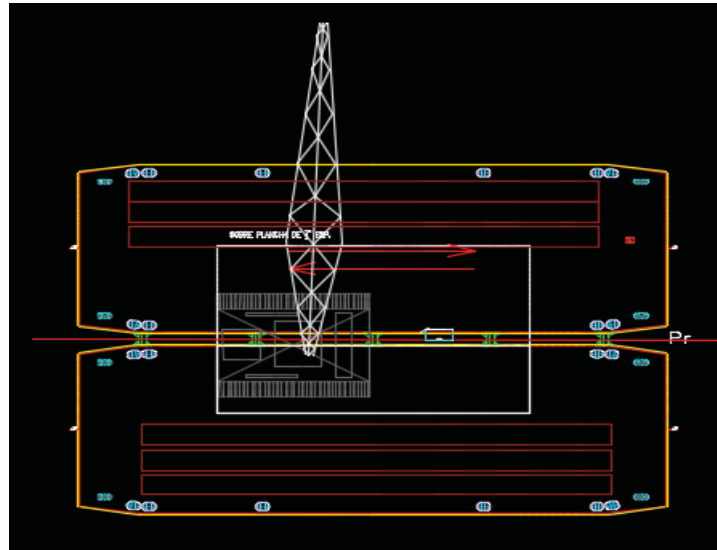


FUENTE: ELABORADO POR EL AUTOR

En esta condición es la más crítica ya que la pluma estaría en la posición perpendicular a la línea de crujía como se muestra en los gráficos trasladando el pilote a 6 metros fuera de borda o 16.4 metros de la línea de crujía, generando una escora de 1.15°.

FIGURA 51

VISTA DE PLANTA, MANIOBRA CRÍTICA



FUENTE: ELABORADO POR EL AUTOR

Según se realiza la maniobra en la posición más crítica se toma los nuevos valores que varía de centro de masa tanto en la longitudinal, la altura y lo ancho de la barcaza según la posición de la maniobra.

- Posición longitudinal del centro de gravedad (LCG)

$$LCG = \frac{150 \cdot 15 + 145 \cdot 11.05 + 225 \cdot 15 + 25 \cdot 15}{535}$$

$$LCG = 14.04 \text{ metros}$$

- Posición vertical del centro de gravedad (VCG)

$$VCG = \frac{150 \cdot 1.05 + 145 \cdot 4.02 + 225 \cdot 2.4 + 25 \cdot 17}{535}$$

$$VCG = 3.085 \text{ metros.}$$

- Posición del centro de gravedad lateral.

$$LaCG = \frac{150 \cdot 0 + 145 \cdot 0 + 225 \cdot 0 + 25 \cdot 16.4}{535}$$

$$LaCG = 0.076 \text{ m}$$

TABLA 21

DETERMINACION DE CENTROS DE GRAVEDAD

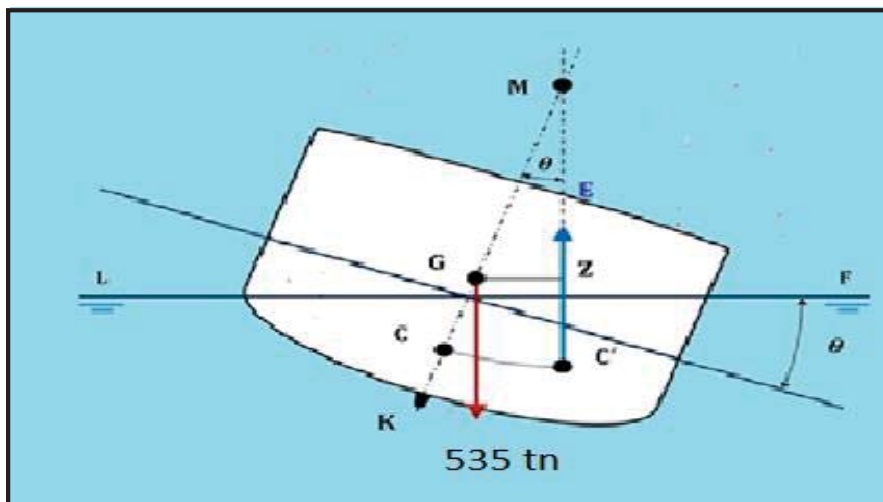
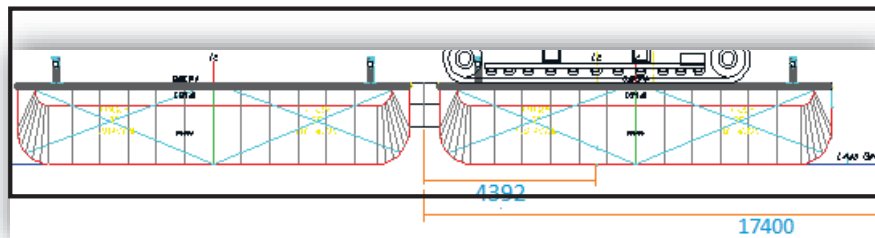
Descripción	Cantidad	Peso (tn)	Centro de Gravedad longitudinal (m)	Centro Gravedad Lateral (m)	Centro de Gravedad vertical (m)	Momento por Superficie Libre (tn.m)
Barcaza	1	150	15	0	1.05	0
Grúa	1	145	11.05	0	4.02	0
Pilote	9	225	15	0	2.4	0
Pilote Maniobra	1	25	24	16.4(Br)	17	0
SUBTOTAL	12	535	14.04	0.766(Br)	3.085	0

FUENTE: ELABORADO POR EL AUTOR

CALCULO DE ESCORA:

FIGURA 52

SECCION TRANSVERSAL Y SU DCL



Donde la sumatoria de momentos escorantes (Me) respecto a un plano tiene que ser equilibrado por el momento restaurador Causado por el brazo adrizante y el empuje.

GM: Altura metacéntrica

GZ: Brazo adrizante

θ : Escora

E: Empuje o desplazamiento (toneladas)

SIENDO GM UN VALOR CONSTANTE HASTA $< 15^\circ$

FORMULA:

$$GM = \frac{\sum Me}{E \text{ TANG}(\theta)}$$

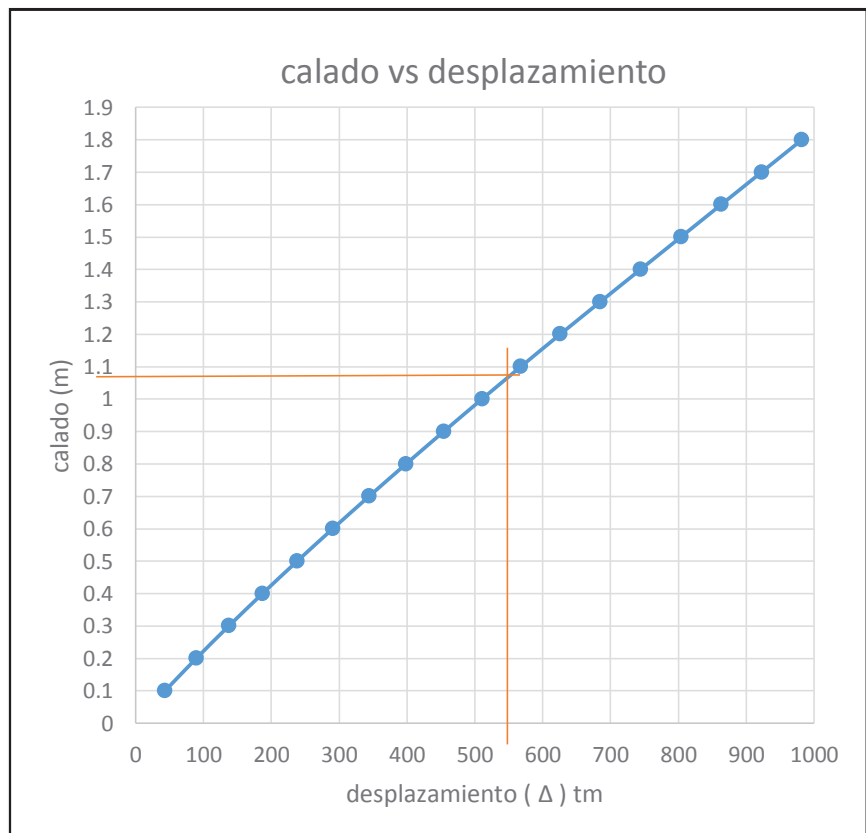
Entonces como en el caso anterior debemos calcular el G1M, Para eso nos vamos a relacionarlo con nuestro nuevo desplazamiento de 545 tn. Pero antes determinaremos nuestro calado.

Para luego hallar KG1 Y G1G2 por nuestra formula de centros de gravedades.

TABLA 22

CALADO VS DESPLAZAMIENTO

Δ (ton)	CALADO (m)
43.24	0.1
89.26	0.2
137.26	0.3
186.92	0.4
238.04	0.5
290.44	0.6
344	0.7
398.56	0.8
454.06	0.9
510.42	1
567.66	1.1
625.76	1.2
684.72	1.3
744.16	1.4
803.6	1.5
863.06	1.6
922.52	1.7
981.98	1.8



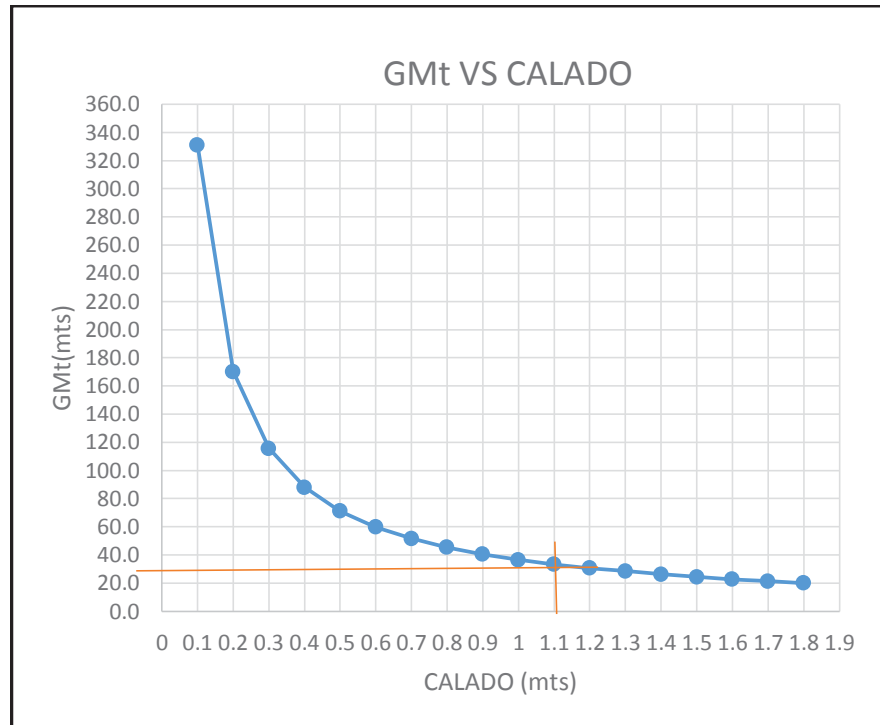
FUENTE: ELABORADO POR EL AUTOR

De la tabla y diagrama para 535 t. de desplazamiento interpolando obtenemos un calado de 1.06 m.

TABLA 23

ALTURA METRACENTRICA VS CALADO

CALADO	GMt
0.1	331.2
0.2	170.2
0.3	115.7
0.4	88.1
0.5	71.3
0.6	59.9
0.7	51.6
0.8	45.4
0.9	40.4
1	39.1
1.1	33.4
1.2	30.7
1.3	28.5
1.4	26.3
1.5	24.4
1.6	22.8
1.7	21.3
1.8	20.1



FUENTE: ELABORADOPOR EL AUTOR

Interpolando nuestro GMt = 38.149 m

En esta tercera maniobra la barcaza observamos el comportamiento de cada uno de sus parámetros y llegaremos a la conclusión de que no generara inclinaciones peligrosas. Como ahora determinaremos el ángulo que escorara transversalmente.

También podemos calcularlo con la siguiente formula:

$$tg(\theta) = \frac{Me}{GMt \times \Delta}$$

Antes debo recordar que el momento se hallara con respecto a la línea de crujía y debemos conocer el siguiente dato el momento escorante que ejercerá la barcaza.

De acuerdo a los datos proporcionados por el departamento de meteorología de la marina de guerra del Perú.

Presión del viento = 540 Pa.

Velocidad del viento = 30 m/s.

Para un área muerta proyectada del lado de costado aproximado de 100 m².

$$F_v = P_v * A$$

$$F_v = 54000N = 5504.6kg$$

$$M_1 = F_v * VCG$$

$$M_1 = 5504.6kg * 3.085m$$

$$M_1 = 16.98toneladas * metro$$

$$M_2 = E * GZ$$

$$M_2 = 535TN * 3.342m$$

$$M_2 = 1787.97toneladas * metro$$

$$M_3 = Pilote - MAX * dt(lateral)$$

$$M_3 = 100TN * 16.4m$$

$$M_3 = 16400toneladas * metro$$

$$M_4 = Pilotes * dt(lineacrujia)$$

$$M_4 = 100TN * 10m$$

$$M_4 = 1000toneladas * metro$$

Entonces la suma de momentos con respecto a a línea de crujía y su regla de signos correspondiente se determina así:

$$\sum Me = -M_1 + M_2 - M_3 - M_4$$

$$\sum Me = -16.98 + 1887.97 - 410 - 1000$$

$$\sum Me = 460.99toneladas.metro$$

Ahora de acuerdo a la fórmula del tangente conocidos el desplazamiento y el GMt reemplazamos:

$$Tg(\theta) = \frac{\sum Me}{\Delta * GMt}$$

$$Tg(\theta) = \frac{460.99TN.m}{535TN * 38.149m}$$

$$\theta = Tg^{-1}(6.2387 * 10^{-3})$$

$$\theta = 1.22^\circ$$

Al momento de cargar la grúa y pilotes el peso produce un escoramiento en la transversal según las posiciones que se coloca la carga sobre la cubierta y es muy importante determinar el ángulo que se inclina en el plano trasversal ya que no podemos excedernos más de 3 grados según el diseño de la barcaza ya que es muy riesgoso.

CALCULO DE CALADOS

Los calados son calculados por intermedio del programa a continuación podemos observar en la zona de la popa (parte posterior donde va ubicada la grúa) se hundirá 1.217 metros, y en la zona de proa (parte delantera de la barcaza) el hundimiento es 0.818 metros.

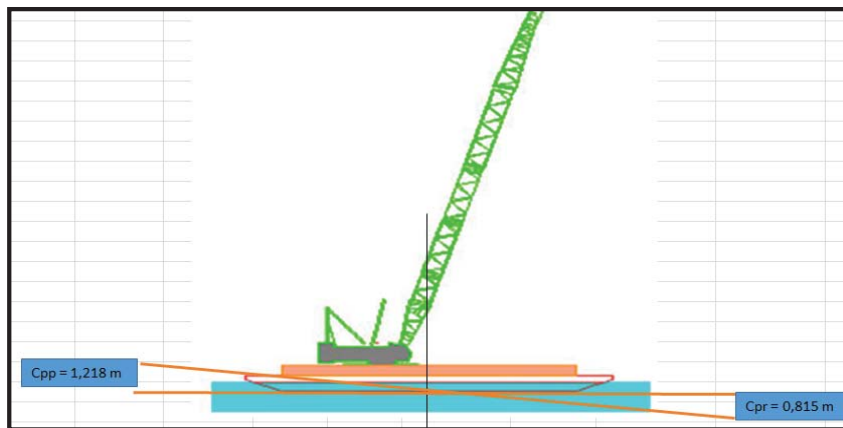


FIGURA 53

CALCULO DEL ASIEN TO:

Se dice así al ángulo de inclinación longitudinal cuando la pluma se encuentra posicionada en forma paralela a la longitud de la barcaza.

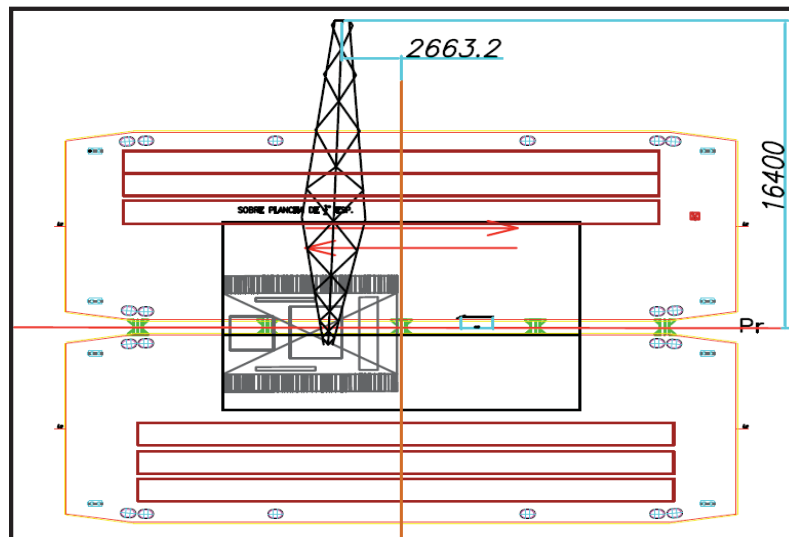


FIGURA 54

Similar que en la estabilidad transversal tiene los mismos parámetros de desplazamiento.

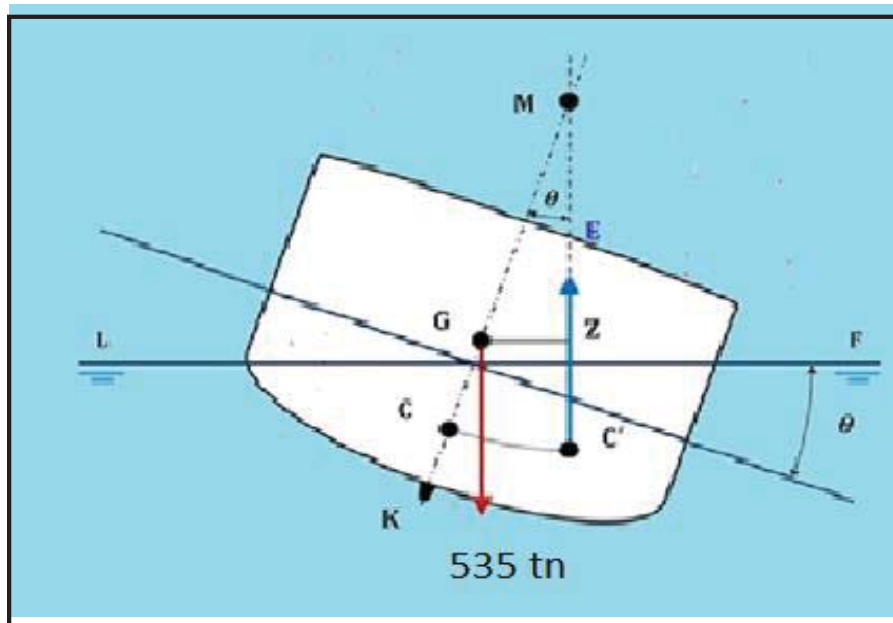
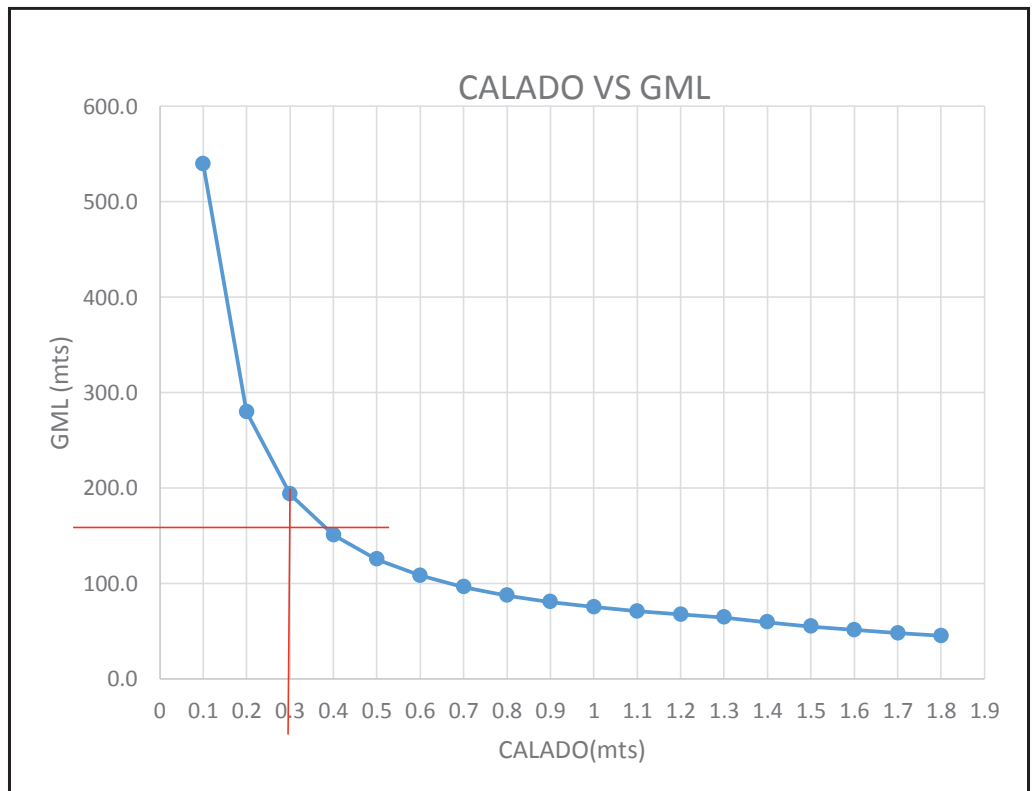


FIGURA 55

TABLA 24

CALADO VS ALTURA METACENTRICA LONGITUDINAL

Calado	GML
0.1	539.6
0.2	279.8
0.3	193.7
0.4	150.9
0.5	125.3
0.6	108.4
0.7	96.4
0.8	87.5
0.9	80.7
1	75.3
1.1	71.0
1.2	67.5
1.3	64.6
1.4	59.5
1.5	55.2
1.6	51.4
1.7	48.1
1.8	45.3

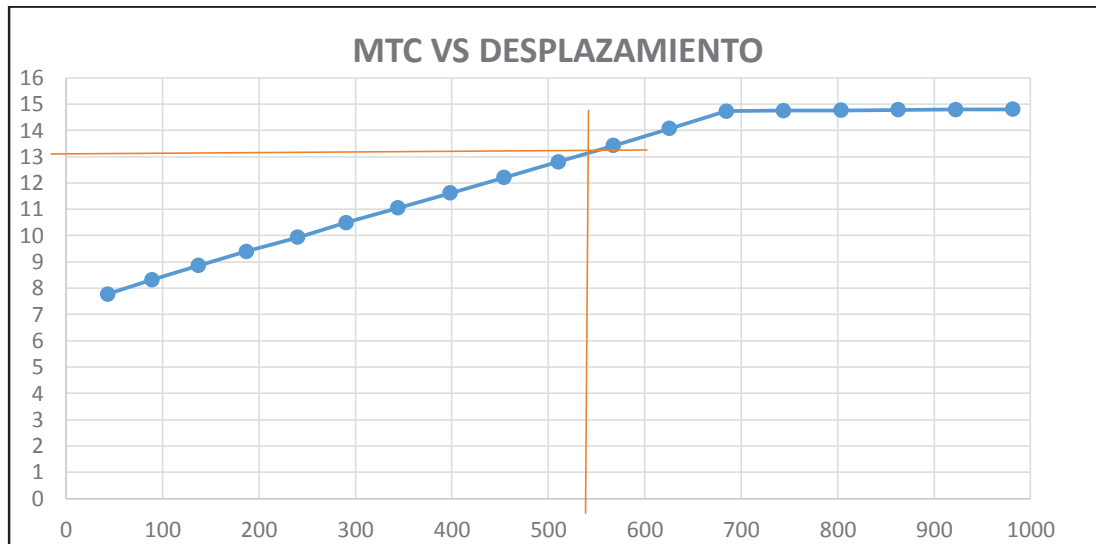


FUENTE: ELABORADO POR EL AUTOR

Para un calado de 1.065 m se obtiene → GML= 74.65 m
 Ahora calculando el MTC del grafico siguiente

TABLA 25

MTS VS DESPLAZAMIENTO



FUENTE: ELABORADO POR EL AUTOR

Para un Δ de 535 T tenemos un MTC de 13.15 luego.

$$GM_L = \frac{MTC * 100 * L}{\Delta} = \frac{13.15 * 100 * 30}{535} = 73.73 \text{ m}$$

$$\alpha = Tg^{-1} \left(\frac{Me}{\Delta * GML} \right)$$

Sabiendo que Me (momento escorante) se calcula de la siguiente manera

$$\sum Me = Fv * dt$$

Pv: presión del viento

dt : distancia de gravedad longitudinal.

Presión del viento = 540 Pa.

Velocidad del viento = 30 m/s.

Para un área muerta proyectada del lado de posterior es aproximado de 70 m².

$$Fv = Pv * A$$

$$Fv = 37800N = 3859.38kg$$

El centro de gravedad longitudinal se especifica en el cuadro al inicio

$$M_1 = F_v * VCG$$

$$M_1 = 3859.38kg * 3.085m$$

$$M_1 = 11.91toneladas * metro$$

$$M_2 = Peso(Grua) * dT$$

$$M_2 = 145TN * 4m$$

$$M_2 = 580toneladas * metro$$

$$M_3 = Pilote - Max * dT$$

$$M_3 = 25TN * 2.631m$$

$$M_3 = 65.75toneladas * metro$$

Entonces la suma de momentos con respecto a a línea de crujía transversal y su regla de signos correspondiente se determina así:

$$\sum Me = -M_1 + M_2 - M_3$$

$$\sum Me = -11.91 + 580 - 65.75$$

$$\sum Me = 633.84toneladas.metro$$

El resultado de estos momentos indica que el sentido de giro será por el lado de la grúa.

$$\alpha = Tg^{-1} \left(\frac{633.84TNm}{535TN * 74.73m} \right)$$

$$\alpha = 0.80^\circ$$

Teniendo todos los parámetros calculados analíticamente lo comparamos con los datos calculados del software llegando a la conclusión que para esta primera maniobra los datos determinados previamente observamos que se aproximan.

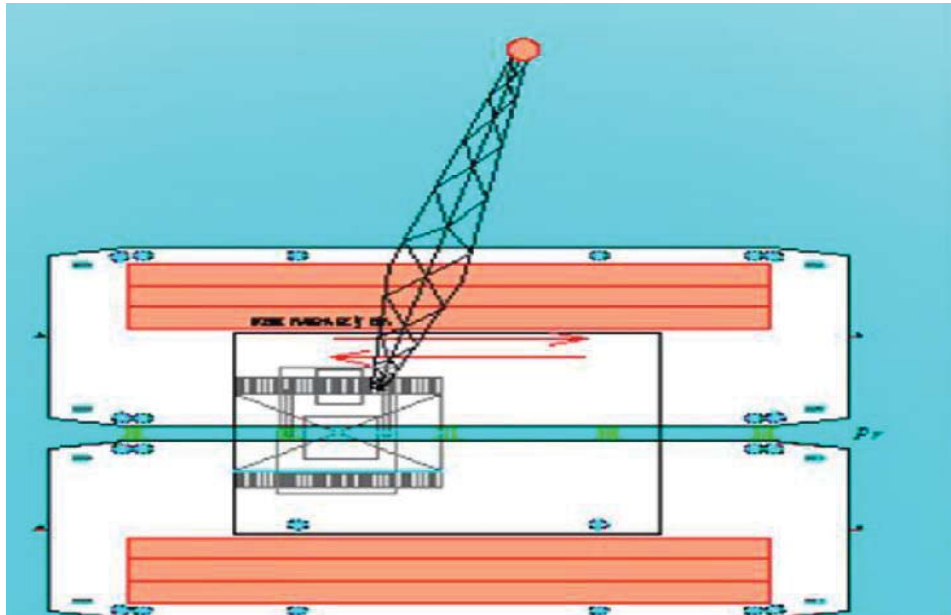
DESPLAZAMIENTO	Δ	535	TM
POS. LONG. CENTRO DE GRAVEDAD	LCG	14.04	m
POS. VERTICAL DEL CENTRO DE GRAVEDAD	VCG	3.085	m
RADIO METACENTRICO TRANSVERSAL	GMT	38.149	m
CALADO DE POPA	C _{PP}	1.218	m
CALADO DE PROA	C _{PR}	0.815	m
ANGULO DE ASIENTO	α	0.77	° Pp
ANGULO DE ESCORA	θ	1.15	° Br
AREA LATERAL PROJ. AL VIENTO	Apv	100	m ²
PRESION EJERCIDA POR EL VIENTO	Pv	540	Pa
	Pv	55.05	Kg/m ²
FUERZA EJERCIDA POR EL VIENTO	Fv	5504.6	Kg
BRAZO DEL CENTROIDE AL VCB	dv	12	m

TABLA 23 PARAMETROS IMPORTANTES

FUENTE: ELABORADO POR EL AUTOR

FIGURA 56

DISPOSICION EN PLANTA CON LAS VIGAS

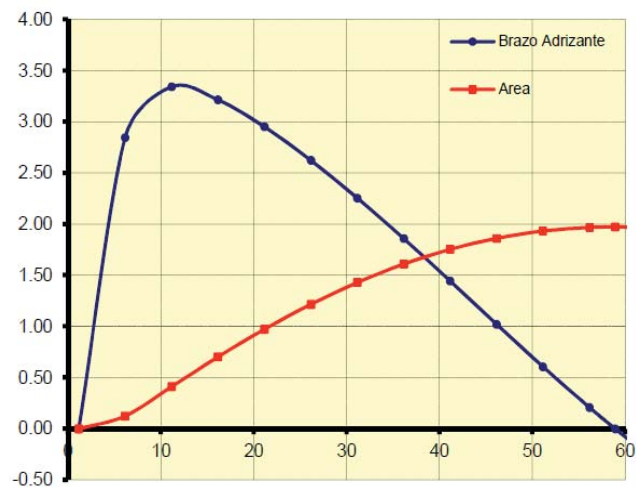


A continuación haremos un análisis del comportamiento de la estabilidad estática en base a los parámetros.

TABLA 24

COMPORTAMIENTO DEL BRAZO ADRIZANTE

Escora (deg)	Brazo Adrizante (m)	Area (m-Rad)
1.15	0.00	0.00
6.15	2.85	0.12
11.15	3.34	0.41
16.15	3.21	0.70
21.15	2.95	0.97
26.15	2.62	1.22
31.15	2.26	1.43
36.15	1.86	1.61
41.15	1.44	1.75
46.15	1.02	1.86
51.15	0.61	1.93
56.15	0.21	1.97
61.15	-0.16	1.97



FUENTE: ELABORADO POR EL AUTOR

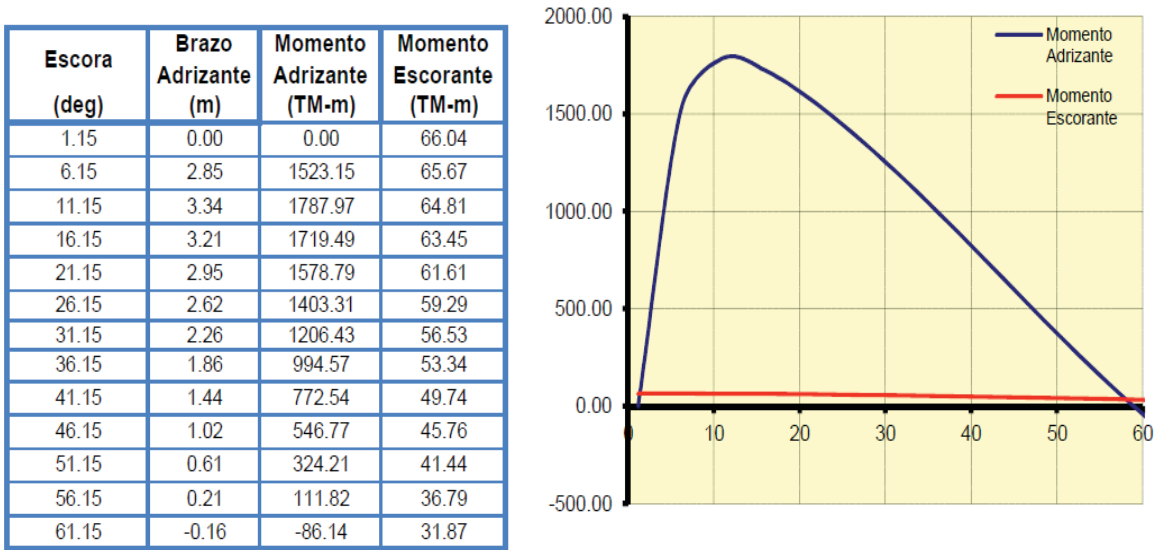
De acuerdo al criterio IMO (organización marítima internacional) se cumple.

IMO	PERMITIDO	ACTUAL	MARGEN	ESTATUS
Área desde 0.00° hasta el MaxRA	>0.0800 m-R	0.411	0.331	CUMPLE
Alcance de la estabilidad mínimo L<100 m	>20°	>58.92°		CUMPLE

FUENTE: ELABORADO POR EL AUTOR

TABLA 25

COMPORTAMIENTO DEL MOMENTO ADRIZANTE



FUENTE: ELABORADO POR EL AUTOR

Ahora para los momentos adrizantes y escorantes obtenemos los siguientes resultados.

Para el ángulo máximo de inclinación: 11.15° nos genera. (Interpolando)

Momento adrizante = 1787.97 TN-m

Momento escorante= 64.81 TN-m

De acuerdo a la Norma para la preparación y ejecución de las Pruebas de Estabilidad a naves nacionales.

Nos exigen que la inclinación mínima y máxima para condiciones iniciales es:

$$10^\circ < \theta < 15^\circ$$

Para lo cual obtuvimos:

$$\theta = 11.15^\circ \therefore \text{Entonces diremos que cumple.}$$

TABLA 25

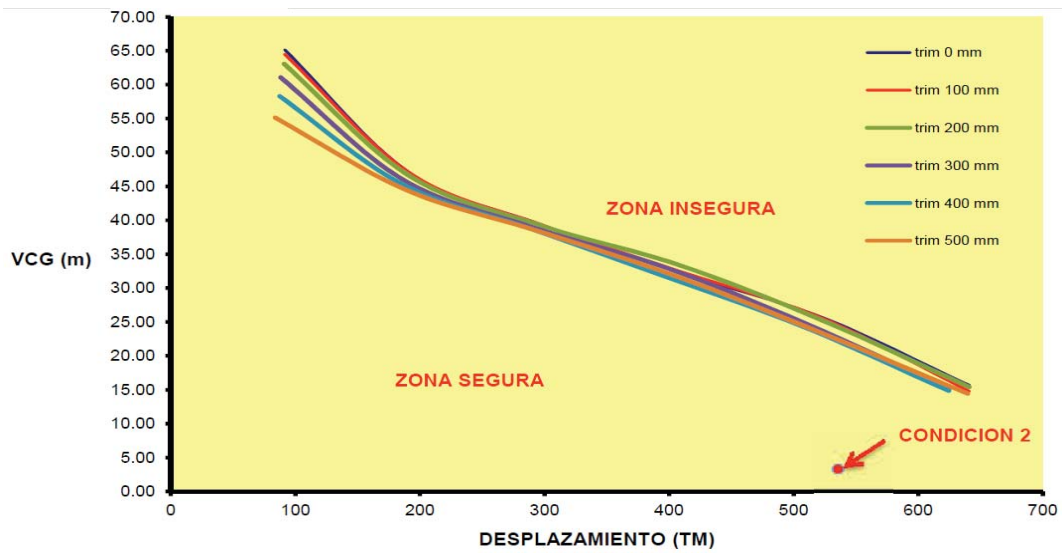
MAXIMO ALTURA DEL CENTRO DE GRAVEDAD

DESPLAZ, INTACTO (TM)	CALADO MEDIO (m)	TRIM 0.0 m MAX. VCG (m)	TRIM 0.1 m MAX. VCG (m)	TRIM 0.2 m MAX. VCG (m)	TRIM 0.3 m MAX. VCG (m)	TRIM 0.4 m MAX. VCG (m)	TRIM 0.5m MAX. VCG (m)
88.2	0.2	65.149	64.497	63.05	61.064	58.294	55.126
185.9	0.4	47.014	47.016	46.614	46.044	45.357	44.459
289.4	0.6	39.352	39.316	39.21	39.019	38.748	38.387
397.5	0.8	32.306	32.508	33.406	32.998	31.701	31.745
509.3	1	25.658	25.554	25.27	24.815	24.223	23.531
624.9	1.2	15.621	14.776	15.416	15.171	14.853	14.431

FUENTE: ELABORADO POR EL AUTOR

TABLA 26

VCG VS DESPLAZAMIENTO



FUENTE: ELABORADO POR EL AUTOR

LECTURA DE ESCORA Y ASIENTOS

posición inicial	LCG	TCG	VCG
Grúa Principal QUY 100	15 m	5.37	4.2

Δ	545	TM	Grúa +Barcaza + pilote
VCG (BARC y GRUA)	3.47	m	Estimado

ϕ ANGULO DE LA PLUMA RESPECTO A LA LINEA DE CRUGIA
 TPC TONELADAS POR CENTIMETRO DE INMERSION
 MTC MOMENTO PARA TRIMAR UN CENTIMETRO
 GML ALTURA METACENTRICA LONGITUDINAL
 GMT ALTURA METACENTRICA TRANSVERSAL
 α ANGULO DE ASIENTO
 ANGULO DE ESCORA

ϕ	TPC	MTC	GML	GMT	α (PROA)	θ (BABOR)
0	4.32	7.78	539.54	331.15	0.79	3.00
5	4.46	8.32	279.79	170.20	0.79	3.07
10	4.58	8.86	193.64	115.68	0.78	3.13
15	4.67	9.40	150.81	88.05	0.77	3.20
20	4.81	9.94	124.00	70.51	0.74	3.27
25	4.84	10.49	108.34	59.85	0.72	3.33
30	4.91	11.05	96.35	51.60	0.69	3.39
35	4.98	11.62	87.45	45.32	0.65	3.45
40	5.05	12.20	80.61	40.40	0.61	3.50
45	5.10	12.80	75.25	36.49	0.56	3.55
50	5.16	13.43	70.95	33.32	0.51	3.60
55	5.21	14.07	67.45	30.69	0.45	3.64
60	5.27	14.73	64.52	28.46	0.40	3.68
65	5.32	14.75	59.47	26.25	0.33	3.71
70	5.36	14.77	55.12	24.35	0.27	3.74
75	5.39	14.78	51.37	22.71	0.21	3.76
80	5.43	14.79	48.09	21.29	0.14	3.77
85	5.46	14.81	45.24	20.05	0.07	3.78
90	5.24	14.51	42.20	19.45	0.00	3.79

FUENTE: ELABORADO POR EL AUTOR

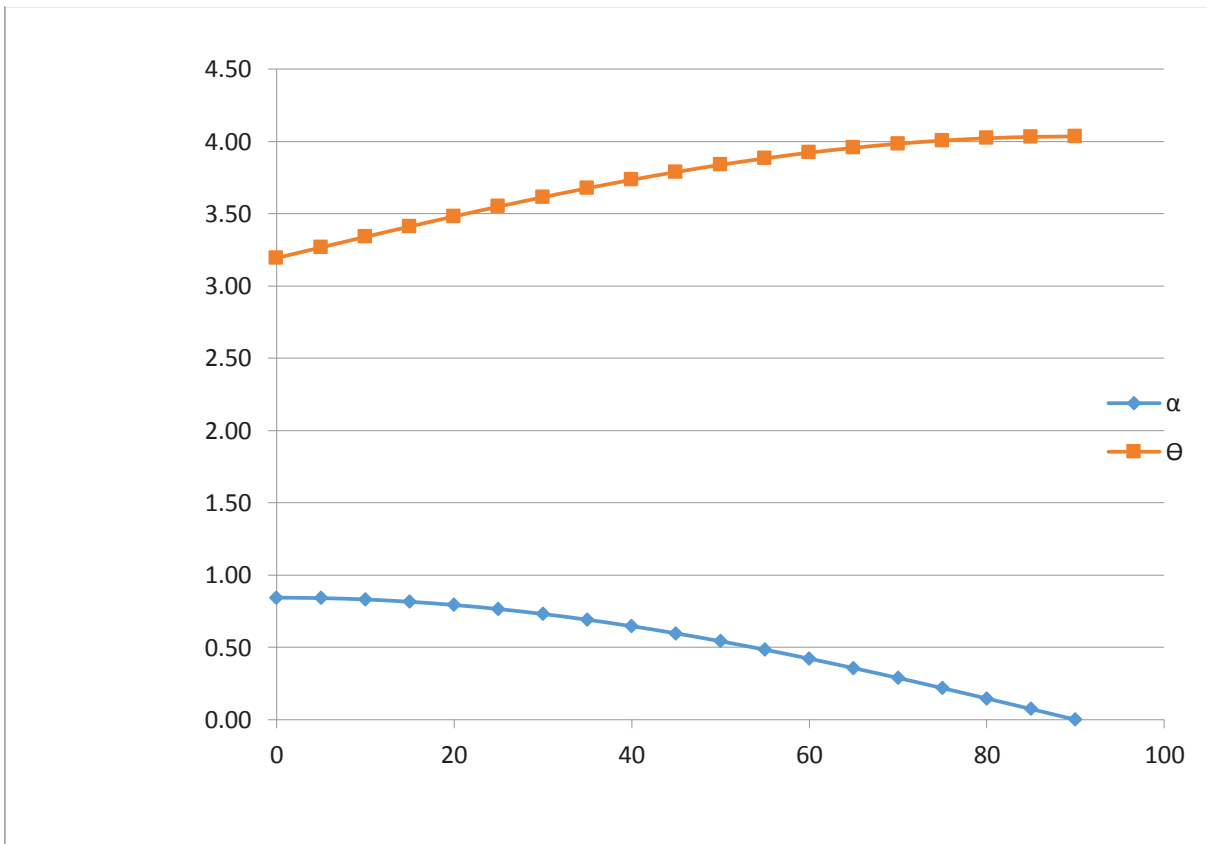
En el siguiente grafico el comportamiento de las inclinaciones de la barcaza.

Con curva de color rojo nos da la inclinación transversal (escora)

Con curva de color azul nos da la inclinación longitudinal (asiento)

TABLA 26

INCLINACIONES EN AMBOS SENTIDOS



FUENTE: ELABORADO POR EL AUTOR

CAPITULO IV

DISEÑO Y CALCULO ESTRUCTURAL

4.1. DESCRIPCION DE LA EMBARCACION

La embarcación descrita en la presente memoria será del tipo barcaza fluvial para el servicio de transporte y plataforma de maniobra, con casco de acero reforzado con mamparos y cuadernas interiormente. La forma del casco plano, es adecuada para la flotación en las aguas de poca profundidad y mejora la estabilidad del mismo, así también contará con pantoque curvo a fin de evitar abolladuras y un buen deslizamiento en aguas tormentosas.

El cálculo de la estructura o escantillonado, de la barcaza multicasco es uno de los problemas más críticos e importantes que se plantea durante el desarrollo del proyecto de tesis.

En primer lugar la determinación de las cargas que actúan sobre un elemento determinado de la estructura es prácticamente imposible, además el comportamiento exacto de dichos elementos cuando están sometidos a la acción de cargas no siempre es conocido, siendo necesario recurrir a procedimientos basados en la experiencia o empíricos, para poder así determinar el escantillón de los diferentes elementos que componen la estructura.

Embarcación: Barcaza Fluvial Multicasco

Eslora Total: 30 m

Manga: 20.8 m.

Puntal: 1.8 m.

4.2. CONSIDERACIONES

- La barcaza es una embarcación la cual posee dos cascos, estos cascos serán unidos mediante una viga cajón, cuyos cálculos no se realizaron en el presente informe.
- En este trabajo se presentará el cálculo de escantillonado para un solo casco ya que el otro contara con la misma estructura a fin de mantener el centro de gravedad en la Línea Central y en la sección media ya que es un casco simétrico.
- Se considera que el armado de la grúa será en cubierta, siendo cada parte trasladada de tierra a la cubierta mediante una grúa.

4.3. **NORMAS A UTILIZAR.**

Para realizar el cálculo estructural se empleó la norma de ABS, edición 2014, “Reglamento Nacional para la Construcción de Embarcaciones y Artefactos Navales.” (Parte 3, Capítulo 3 y Artículo 14), correspondiente a barcasas destinadas para Transporte en general. (20)

A continuación algunos artículos más resaltantes de dicha norma son.

➤ **CAPITULO I (OBJETO Y DEFINICIONES)**

ARTICULO 1º (Objetivo): El presente Reglamento tiene por objeto regular las actividades de construcción de embarcaciones y artefactos navales para la navegación en los ámbitos fluvial y lacustre.

ARTICULO 3º (Definiciones): Para efectos de la presente norma se aplicaran las siguientes definiciones.

- **BARCAZA TANQUE:** Embarcación con cubierta con cierres permanentes estancos para el transporte de carga líquida.
- **BARCAZA ABIERTA:** Embarcación con cubierta ni propulsión propia empleada para el transporte de carga en general y transbordo de vehículos.
- **CATAMARAN:** Embarcación con el casco de acero, con sala de máquinas o motor de centro, destinada para el transporte de turismo.

➤ **CAPITULO II (DISPOSICIONES GENERALES)**

- **ARTICULO 4º (Autorización):** Toda construcción de embarcaciones y artefactos navales cualquiera sea su tonelaje, será autorizada por la unidad de marina mercante.
- **ARTICULO 5º (Supervisión):** Las construcciones navales que se efectúen en el país estarán bajo la supervisión técnica de la unidad de marina mercante en cuanto a normas de diseño, construcción y equipamiento.
- **ARTICULO 6º (Requisitos):** El propietario o representante legal deberá cumplir con los siguientes requisitos.
 - Solicitud escrita dirigida al de la unidad de marina mercante.
 - Nombre del constructor.
 - Nombre del astillero y/o carpintería de ribera o naval, donde se efectuara la construcción.
 - Ámbito de navegación.
 - Sistema de propulsión.
 - Planos especificando las características técnicas de la embarcación y detalles de la construcción a escala conveniente.

- Artículo 7º (Evaluación): Antes de iniciarse la construcción de una embarcación, los planos generales deben ser analizados por el personal técnico de la unidad de la marina mercante.
 - Artículo 8º (Aprobación de Planos): la unidad de marina mercante aprobará los planos de construcción de embarcaciones y artefactos navales en base al informe técnico favorable y el cumplimiento de las obligaciones contempladas en el tarifario respectivo.
 - Artículo 10º (Condiciones): Toda embarcación o artefacto naval, para su construcción, deberá reunir las condiciones de estanqueidad, flotabilidad, navegabilidad y maniobrabilidad.
- CAPITULO III (Normas para la construcción de barcaza Tanque).
- Artículo 14º: para la construcción de barcasas tanque se sujetarán al cumplimiento del diseño, construcción y equipamiento de conformidad a las estipulaciones siguientes.
 - ❖ Características.
 - La eslora mayor a 24 metros.
 - Posee tanques de flotación de acuerdo a su estructura.
 - El casco estará construido de chapas de acero resistentes, unidos por soldaduras y remaches.
 - La cubierta superior tiene que estar dotada de medios permanentes de cierre estanco de todas las aberturas.
 - ❖ Perfil de la barcaza tipo tanque.
 - La estructura puede disponerse en forma longitudinal, transversal o adoptar una combinación de ambas distribuciones. La estructura longitudinal será soportada por cuadernas separadas regularmente, constituidos por fierros en forma de "U" que se extiende de las anteriores de los longitudinales o chapas pestañadas, con escotes para el pasaje de las longitudinales, unidos al enchapado del casco y de la cubierta.
 - ❖ Enchapado del costado y del casco.
 - El espesor del fondo y del costado del enchapado del casco, en toda su extensión no será menor del expresado en la siguiente tabla.

ESLORA (Metros)	CON BAOS TRANSVERSALES (Milímetros)	CON BAOS LONGITUDINALES (Milímetros)
23.0	5.0	4.5
30.5	5.5	4.5
38.0	6.0	5.0
45.0	6.5	5.5
53.5	7.0	6.0
61.0	7.5	6.5
68.5	8.0	7.0
76.0	8.5	7.5
84.0	9.0	8.0
91.5	9.5	8.5

- Para la disposición de los mamparos, los responsables del diseño de la barcaza tanque deberán verificar que la subdivisión sea tal que quede asegurada la suficiente estabilidad de servicio, cuando se cumpla las operaciones de llenar y vaciar los tanques.
- Artículo 15º (línea de carga): las barcazas tanque iguales o mayores a 24 metros de eslora, deberán tener claramente pintada la línea de carga en el centro de la embarcación en ambas bandas del casco.
- Artículo 16º (Oxidación): Para evitar la oxidación las barcazas tanque deberán ser pintadas externamente con pintura anticorrosiva no debiendo aplicarse ningún tipo de pintura al interior de los tanques.

4.4. CALCULO Y DESARROLLO ESTRUCTURAL

Para realizar el cálculo estructural definimos el tipo de estructura que se requiere, en nuestro caso, estructura de acuerdo a la norma tendrá un perfil de forma de “U” longitudinal. Luego se utilizarán las características principales de la embarcación (eslora, manga, puntal y calado de diseño) y se tendrá que definir el espaciamiento de la estructura principal y secundaria, para poder calcular los espesores del planchaje y los Módulos de Sección Mínimo de los Elementos Estructurales Primarios (Longitudinales de cubierta, costado y fondo) y Elementos Estructurales Secundarios (Bulárcamas). Ver Anexo 1

Ya que en la cubierta se ubicara la grúa, se tendrá en cuenta la maniobra que esta realice (levantar un pilote de 25 ton a una distancia de 6 m fuera de borda), teniendo en cuenta esta condición que es la más crítica se reforzara la zona de operación de la grúa reduciendo el espacio entre bulárcamas a la mitad y se considerará un carga promedio (TM/m²) para el cálculo de espesor de la cubierta

en la zona de operación, cuyas características son:

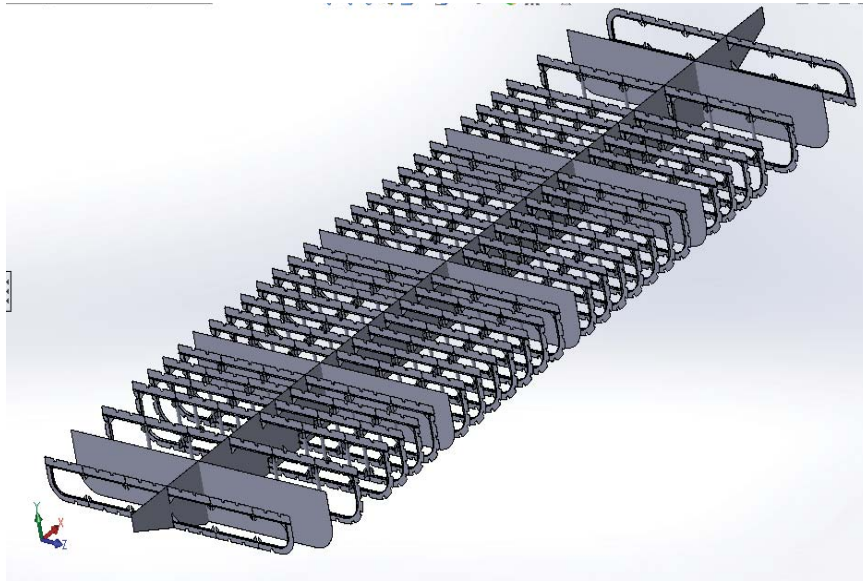
Eslora total.....30.0 mts

Manga de trazado máximo.....20.8 mts

Puntal de cubierta.....1.80 mts

FIGURA 57

ISOMETRIA DE LA ESTRUCTURA



FUENTE: ELABORADO POR EL AUTOR

Se detallara los espesores del planchaje y las medidas de los perfiles estructurales escogidos para los elementos estructurales primarios y secundarios, los cuales exceden el Modulo Mínimo de Sección calculado por Norma ABS.

Descripción de la Disposición General

La barcaza posee dos cascos en las cuales en cada una de ellas tiene la cámara de máquinas la cual se designara la ubicación del manifold principal que será el punto de partida de las líneas hidráulicas en todo el babor, con una longitud de 1.5 metros. Además cada casco contara con cuatro tanques en cada lado que serán usados para los trimados respectivos en caso de perforaciones.

El acceso a los tanques se hará por dos escotillas de 0.46 centímetros de anchura y aproximadamente 0.5 de longitud.

Descripción del Tipo de Estructura.

La estructura del cuerpo central será transversal cuya estructura de acuerdo a la norma tendrá un perfil de forma de "U" longitudinal con elementos de reforzamiento transversales y longitudinales. Se colocaran consolas efectivas cuando así se requiera y las cubiertas se soportaran en puntales.

4.4.1. DEFINICIONES

- Eslora total LOA= 30.00 m
- Manga B= 10.00 m
- Puntal D= 1.80 m
- Calado de diseño d= 1.20 m
- Eslora de flotación a 85%D LWL=30.00 m
- Eslora de cálculos L= 30.00 m

4.4.1.1. SISTEMA ESTRUCTURAL

Datos adicionales:

- Carga sobre cubierta. P = 17.5 TM/m².
- Distancia entre longitudinales. SL = 555 mm
- Distancia entre cuadernas en zona de trabajo. Sbzt = 0.75 m
- Distancia entre cuadernas. Sb = 1.50 m
- Separación entre puntales. SP = 1.60 m.

Se debe considerar lo siguiente:

$$D > L/18$$

$$D = 1.80m.; L/18 = 30.00/18 = 1.66m$$

Luego: $D > L/18$, se verifica.

$$B \leq 12D$$

$$B = 20.8m.; D = 1.80m.$$

Luego: $B < 12D$, se cumple.

Al cumplirse las dos condiciones, el reglamento es totalmente aplicable.

4.4.1.2. RESISTENCIA LONGITUDINAL

- Módulo de Sección

La sección de viga módulo casco requerido, SM, en el centro de la barcaza ha de ser obtenida a partir de la siguiente ecuación.

$$SM_{REQ} \quad \forall L < 76.2 \text{ m}$$
$$SM_{REQ} = 0.347(B + 12.19)DL$$

$$SM_{REQ} = 415.8 \text{ cm}^2 - m$$

4.4.1.3. PLANCHA DEL CASCO

- Cubierta

Espesor mínimo. t_{min} , No será menor que 0.01 mm por milímetro de la distancia entre apoyos.

$$t_{min} = 5.55 \text{ mm}$$

Entre cabeceros:

El espesor de las planchas de cubierta entre los cabeceros es ser no menos de determinado por la siguiente ecuación: Con vigas transversales

$$t_{min} = 0.0066L + 3.5 \text{ mm}$$

$$t_{min} = 5.48 \text{ mm}$$

- Cubierta con carga.

El espesor de la plancha con carga en la que se va a realizar el trabajo está determinado por la siguiente ecuación:

$$t_{min} = 0.00395s\sqrt{h} + 1.5 \text{ mm}$$

Debemos recordar:

$p \rightarrow$ carga cubierta uniforme distribuida, en ton/m^2

$s \rightarrow$ espaciamiento de las vigas (mm)

$$h = \frac{p}{0.721} \text{ mm} \implies h = 24.272 \text{ m}$$

Reemplazando. $t_{min} = 12.30 \text{ mm}$.

- Mamparos.

Mamparos transversales y longitudinales.

$$t_{min} = \left(\frac{s\sqrt{h}}{254} \right) + 1.78 \text{ mm}$$

Dónde:

$$s = s_L = 555 \text{ mm}$$

$$h = D + 1.20 \text{ m} \implies h = 3.00 \text{ m}$$

Reemplazando datos.

$$t_{min} = 5.56 \text{ mm}$$

Otros mamparos estancos.

$$t_{min} = \left(\frac{s\sqrt{h}}{290} \right) + 1 \implies t_{min} = 4.314 \text{ mm}$$

- Planchaje del casco.

Plancha del fondo.

$$t_{min} = 0.069 L + 0.007 S - 0.8 \text{ mm} \quad \text{Por norma (} t_{min} = 5.00 \text{ mm)}$$

$$t_{min} = 5.2 \text{ mm}$$

Plancha lateral. Para $L < 73 \text{ m}$

$$t_{min} = t_{fondo} - 0.5$$

$$t_{min} = 4.7 \text{ mm}$$

Plancha del pantoque.

$t_{min} \implies$ Cuando el radio exceda los 305 mm el espesor del planchaje deberá de ser 1.5 mm. Mayor que el requerido para el planchaje lateral.

$$t_{min} = t_{lateral} + 1.5 \text{ mm}$$

$$t_{min} = 6.2 \text{ mm.}$$

Escantillonado de refuerzos estructurales asociados.

- Cuadernas

$SM_{min} \implies$ Módulo de sección mínimo requerido asociado a la plancha colaborante.

$$SM_{min} = 7.8 chsl^2 cm^3$$

Dónde:

C = coeficiente apropiado al miembro en cuestión y el tipo de construcción empleada como se da en 3-2-2 / Figuras 5 a 12 = 1,0 para los marcos laterales de rastrillo.

h = distancia, en m (ft), tal como figura en 3-2-2 / Figuras 5 a 12 = Para los marcos inferiores rastrillo, la distancia vertical, en m (pies), desde la mitad de la altura de la cubierta al lado en el mamparo de rastrillo = Para las transversales rastrillo de cubierta y los longitudinales, 1,2 m (4,0 pies).

S = separación miembro, en m (ft).

L = Tramo sin apoyo del miembro, en m (ft).

En resumen en el siguiente cuadro determinamos los diferentes módulos de sección para cada punto importante.

TABLA 27

MODULOS DE SECCION PARA CADA ZONA

	c	h(m)	s(m)	l(m)	SM _{min}
Longitud. Cubierta	0.70	2.70	0.55	1.50	18.24
Longitud. Cubierta (zona grúa)	0.70	24.27	0.55	0.75	41.00
Longitud. Costado	1.08	1.43	0.55	1.50	14.91
Longitud. Fondo	1.08	1.80	0.55	1.50	18.76
bao reforzado (zona sin grúa)	0.70	2.70	1.50	1.60	56.61
bao reforzado (zona con grúa)	0.70	24.27	0.75	1.60	254.43
Transversal. Laterales	1.00	0.80	1.50	1.20	13.48
varenga reforzada	1.00	1.90	1.50	1.60	56.91
eslora	1.00	2.70	1.60	0.75	18.95
vagra	1.00	1.80	1.60	0.75	12.64
reforzado de mamparo	1.00	1.66	0.55	1.80	23.07

	n	b(m)	h(m)	s(m)	Wa	
puntales	1.07	1.66	16.00	0.75	21.31	TM
diagonales					10.66	TM

FUENTE: ELABORADO POR EL AUTOR

En base a estos datos obtenemos los espesores mínimos y máximos.

TABLA 28

ESPEORES MINIMOS REQUERIDOS

		Min. Requeridos		elementos en uso	
plancha de cubierta	t=	5.55 mm		6.40 mm	ok..
plancha de cubierta (Z.G)	t=	12.30 mm		12.7 mm(1/2 in)	ok..
plancha lateral	t=	4.66 mm		8.00 mm	ok..
plancha de pantoque	t=	6.16 mm		8.00 mm	ok..
plancha de fondo	t=	5.16 mm		8.00 mm	ok..
plancha de mamparo	t=	3.57 mm		5.00 mm	ok..

long. Cubierta zona sin grua	SM	18.24 cm3		44.62 cm3	ok..
long. Cubierta zona grua	SM	41.00 cm3		48.80 cm3	ok..
long. Costado	SM	14.91 cm3		45.65 cm3	ok..
long. Fondo	SM	18.76 cm3		45.65 cm3	ok..
bao rfzd. (zona sin grua)	SM	56.61 cm3		264.95 cm3	ok..
bao rfzd. (zona grua)	SM	254.45 cm3		432.91 cm3	ok..
transv. Laterales	SM	15.16 cm3		195.83 cm3	ok..
Varenga rfzd.	SM	53.91 cm3		198.69 cm3	ok..
eslora	SM	18.95 cm3		383.64 cm3	ok..
Vagra	SM	12.64 cm3		189.83 cm3	ok..
refuerzos mamparos	SM	23.07 cm3		43.64 cm3	ok..
puntal	w	21.31 cm3		22.10 TM	ok..

resistencia longitudinal	SM	415.80		1808.08 cm2- m	ok..
--------------------------	----	--------	--	-------------------	------

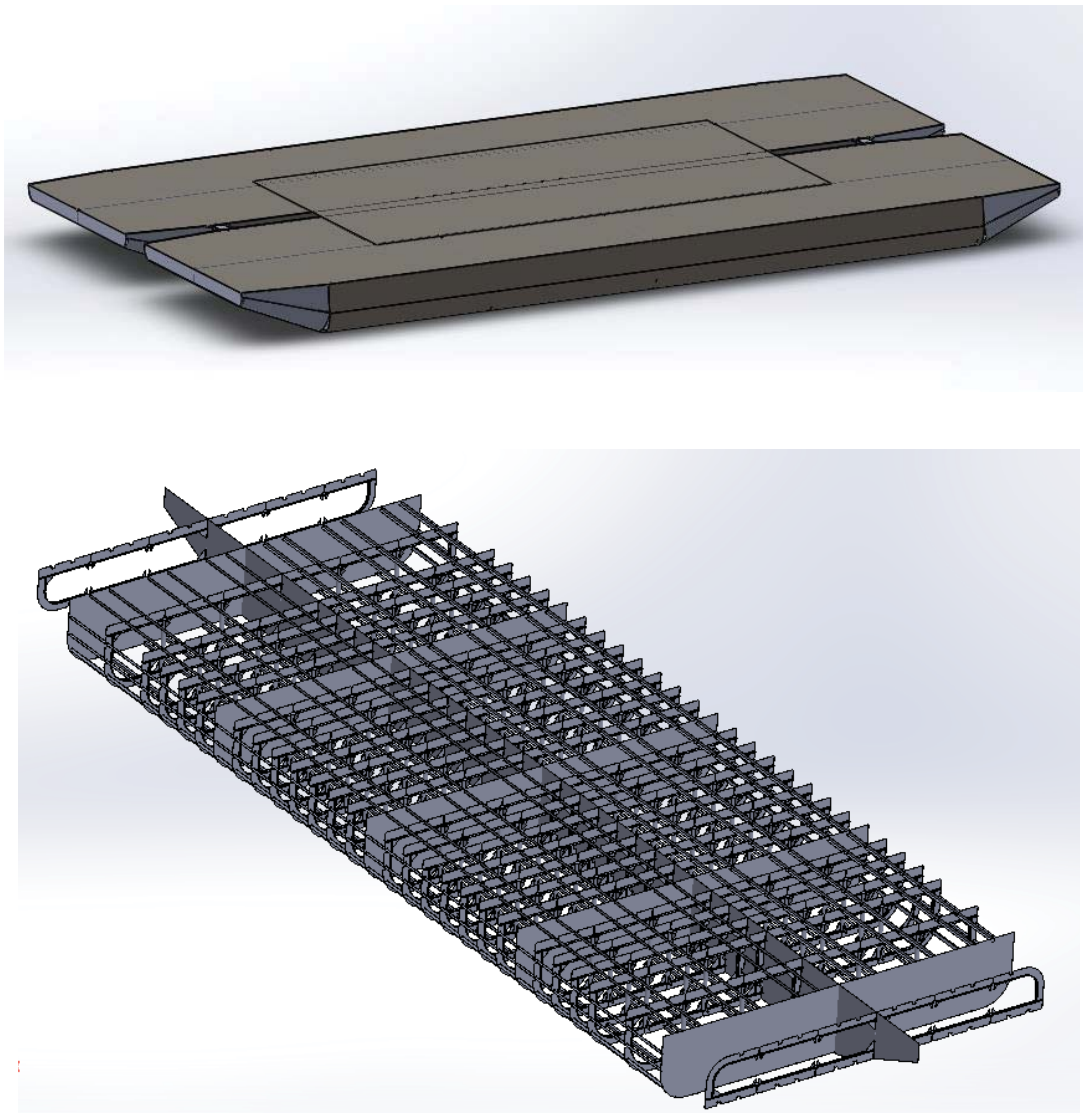
FUENTE: ELABORADO POR EL AUTOR

4.4.2. CALCULO DE LA ESTRUCTURA DE LA PLATAFORMA

En la teoría del buque se considera a una barcaza como una viga con apoyos fijos en los extremos, para analizar los efectos de la concentración de carga, sin tener en cuenta el peso de la misma. Las vigas son importantes elementos estructurales y mecánicos en ingeniería. En esta oportunidad determinaremos los esfuerzos en este miembro causados por flexión, para luego obtener los diagramas de fuerza cortante y momento flexionante la cual nos proporciona un medio útil para determinar la fuerza cortante y el momento flexionante máximo y a la vez para indicar donde ocurren esos valores máximos.

FIGURA 58

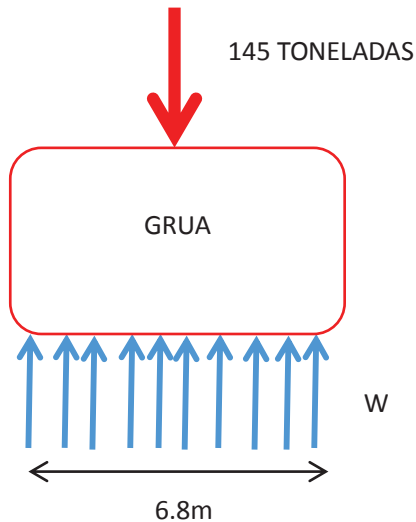
BARCAZA QUE SE CONSIDERARA UNA VIGA



FUENTE: ELABORADO POR EL AUTOR

Para casos más generales expresaremos las funciones de fuerzas cortantes

Transversales y momentos flectores alrededor del eje x, en perfil de 20.8 metros de ancho. Siendo esta la más crítica para la maniobra.



Datos:

Carga viva = 145 ton <> 1420.7 KN

Carga barcaza = 150 ton <> 1469.7 KN

Carga pilotes = 125 ton <> 1224.7 KN

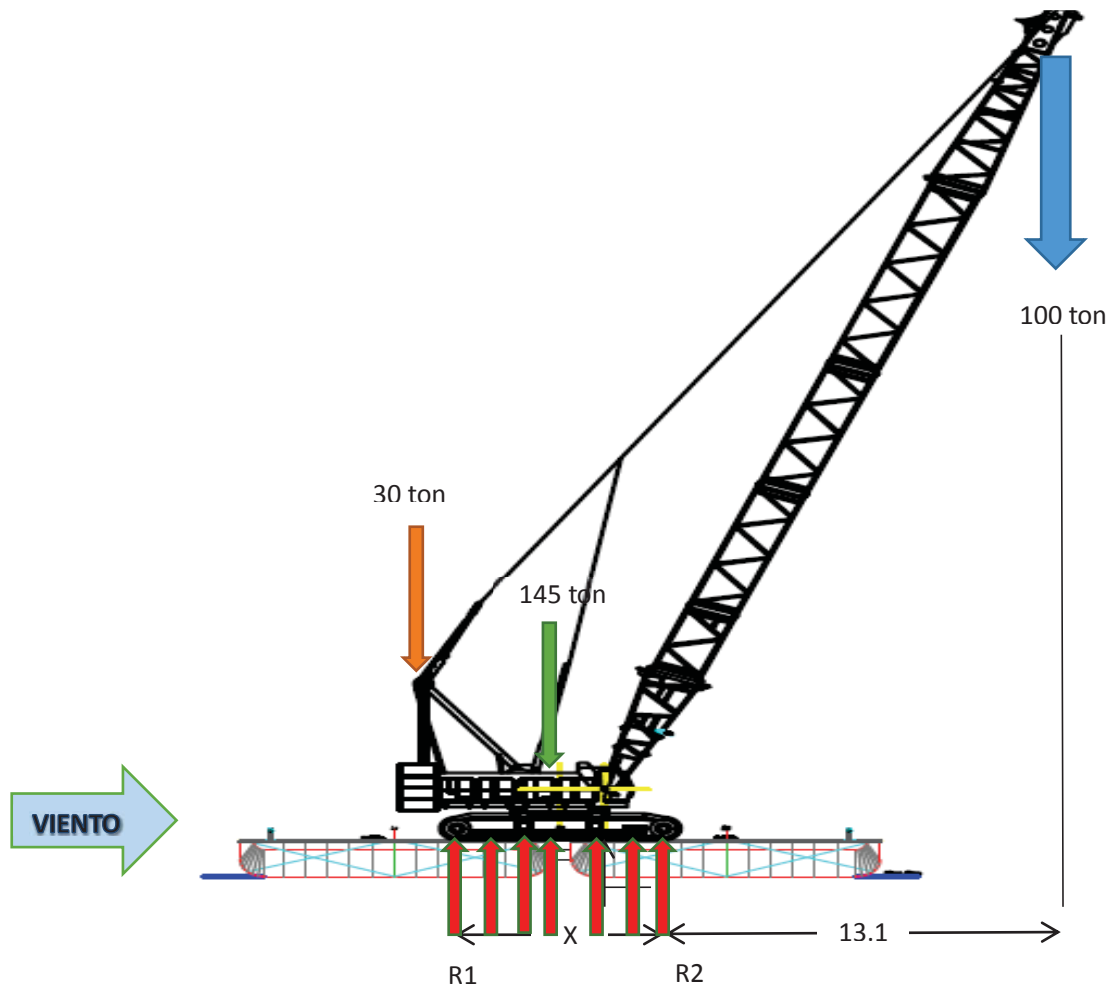
Del DCL de la figura anterior tenemos una fuerza distribuida y por equilibrio podemos decir:

$$\sum Fy = 0$$

$$6.8W = 145\text{ton} = 1420.7\text{KN}$$

$$W = 208\text{KN}/m$$

Ahora mostraremos las fuerzas que actúan en la grúa, las cuales generaran diferentes momentos con respecto al eje neutro de la barcaza en la sección U que a continuación pasaremos a mostrar.



La situación más crítica en este caso será cuando la pluma deja el pilote a 6.4 metros fuera de borda.

- $M_{\max} = (100\text{ton})(16.4\text{m})$
 $M' = 16068.7 [KN.m]$
- $M_{\text{pluma}} = (15\text{ton})(8.98\text{m})$
 $M'' = 1319.8 [KN.m]$
- $M_{\text{contrapeso}} = (30\text{ton})(4.6\text{m})$
 $M''' = 1352.12 [KN.m]$

Un momento originado por la fuerza del viento a una distancia vertical del centro de gravedad calculado en tema anterior que a continuación mostraremos.

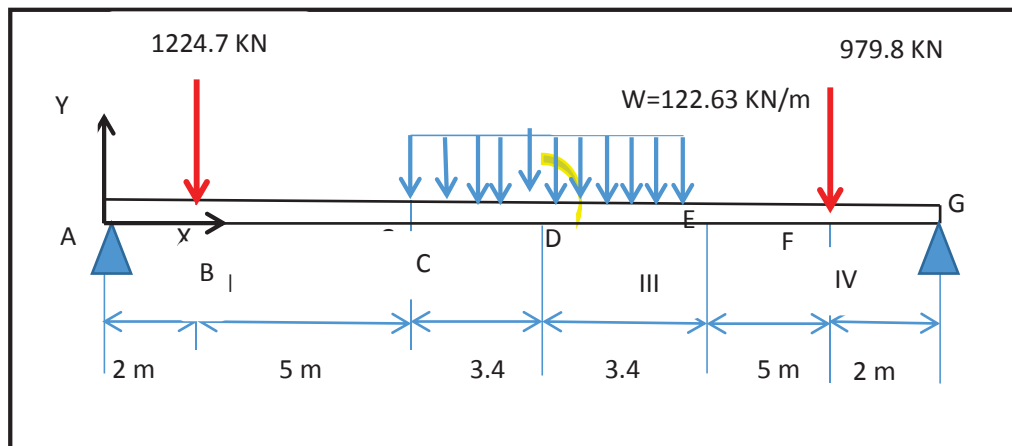
- $F_v = 37800N$
 $VCG = 3.085m$
 $M^{IV} = 116.61[KN.m]$

Entonces al existir cuatro momentos importantes, nos basaremos a la teoría del buque donde se considera a todo el cuerpo flotante como una viga sujetos a los extremos con dos apoyos fijos.

$$M_O^R = \sum M_i$$

$$M_O^R = 1352.12 - 1319.8 - 16068.7 + 116.61$$

$$M_O^R = 15919.77[KN.m]$$



Solo tenemos cargas verticales

Realizando un DCL y calculando sus reacciones en los extremos

$$\sum F_y = 0; \uparrow \oplus$$

$$R_A + R_G = 1224.7 + 979.8 + 209 \frac{KN}{m} (6.8m)$$

$$R_A + R_G = 3625.7 KN \dots \dots \dots (I)$$

$$\sum M_D = 0;$$

$$-R_1(10.4m) + 1224.7KN(8.4m) - 979.8KN(8.4m) + R_2(10.4m) = 0$$

$$10.4m(R_2 - R_1) = -2057.16KN$$

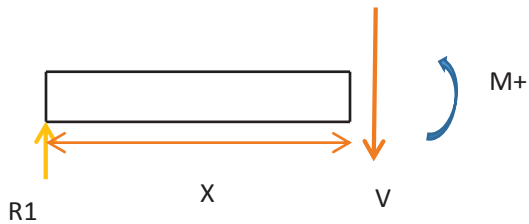
$$R_1 - R_2 = 197.8 \text{KN} \dots \dots \dots (II)$$

De (II) en (I)

$$R_1 = 1911.752 \text{KN} \quad \therefore R_2 = 1713.95 \text{KN}$$

Una vez calculado las reacciones enseguida por el método de las secciones y ecuaciones de equilibrio, obtenemos los diagramas de momentos flectores y cortantes.

Para el tramo AB: $\forall 0 \leq X \leq 2m$



$$\sum F_y = 0;$$

$$-V + 1911.75 \text{KN} = 0$$

$$V = 1911.75 \text{KN} (\uparrow)$$

Usando las restricciones determinamos para los puntos.

- $X = 0 \Rightarrow V = 1911.75 \text{KN}$
- $X = 5 \Rightarrow V = 1911.75 \text{KN}$

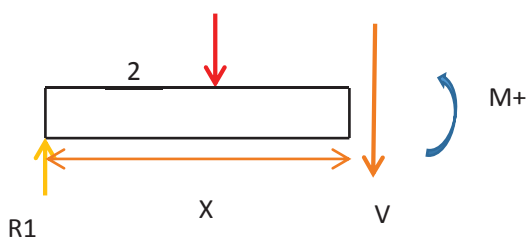
$$\sum M_J = 0; \quad \frac{d^2 M}{dX^2} = 0$$

$$-1911.752X + M = 0$$

$$M = 1911.752X$$

- $X = 0 \Rightarrow M = 0$
- $X = 2 \Rightarrow M = 3823.5 [\text{KN} - m]$

Para el tramo BC: $\forall 2 \leq X \leq 7m$



$$\sum F_y = 0;$$

$$-V + 1911.752 - 1224.7 = 0$$

$$V = 687.052 [KN]$$

Usando las restricciones determinamos para los puntos.

$$\bullet X = 2 \Rightarrow V = 687.052 [KN]$$

$$\bullet X = 7 \Rightarrow V = 687.052 [KN]$$

$$\sum M_j = 0$$

$$-1911.752X + M + 1224.7(X - 2) = 0$$

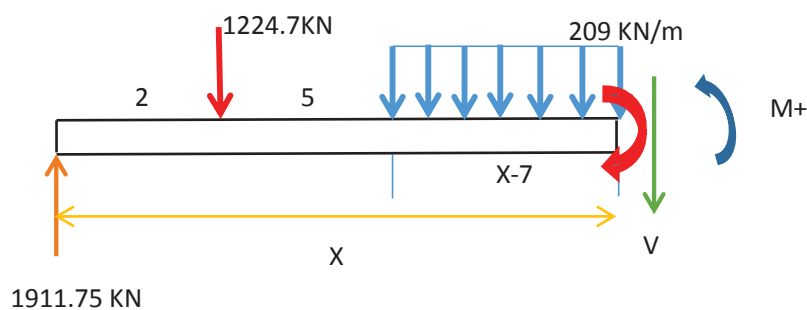
$$M = 1911.752X - 1224.7(X - 2)$$

De acuerdo a las condiciones $\frac{d^2M}{dX^2} = 0$

$$\bullet X = 2 \Rightarrow M = 3823.5 [KN - m]$$

$$\bullet X = 7 \Rightarrow M = 7258.76 [KN - m]$$

Para el tramo CD: $\forall 7 \leq X \leq 10.4m$



$$\sum F_y = 0;$$

$$1911.752 - 1224.7 - 209(X - 7) - V = 0$$

$$V = 209(X - 7) - 687.052 [KN]$$

Usando las restricciones determinamos para los puntos.

- $X = 7 \Rightarrow V = -687.052 [KN]$

- $X = 10 \Rightarrow V = -60.05 [KN]$

- $X = 10.4 \Rightarrow V = 23.548 [KN]$

$$\sum M_j = 0$$

$$-15919.77 - 1911.752X + 1224.7(X - 2) + M + 209 \frac{(X - 7)^2}{2} = 0$$

$$M = 1911.752X - 1224.7(X - 2) - 104.5(X - 7)^2 + 15919.77$$

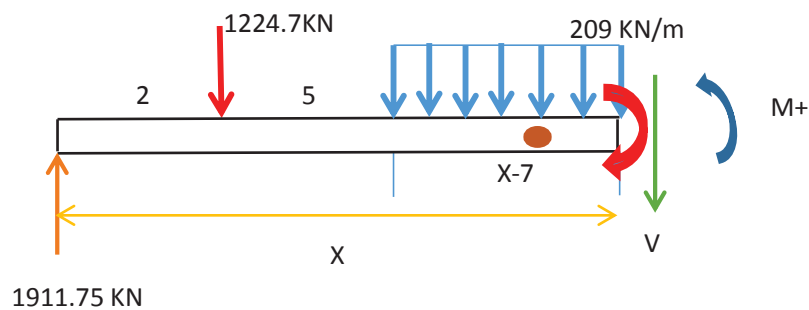
De acuerdo a las condiciones: $\frac{d^2M}{dX^2} = 0$

- $X = 7 \Rightarrow M = 23178.53 [KN - m]$

- $X = 10 \Rightarrow M = 24299.19 [KN - m]$

- $X = 10.4 \Rightarrow M = 24306.49 [KN - m]$

Para el tramo DE: $\forall 10.4 \leq X \leq 13.8m$



$$\sum F_y = 0;$$

$$1911.752 - 1224.7 - 209(x - 7) - V = 0$$

$$V = 687.052 - 209(X - 7)$$

- $X = 10.4 \Rightarrow V = -23.54 [KN]$

- $X = 13.8 \Rightarrow V = -734.148 [KN]$

$$\sum M_j = 0$$

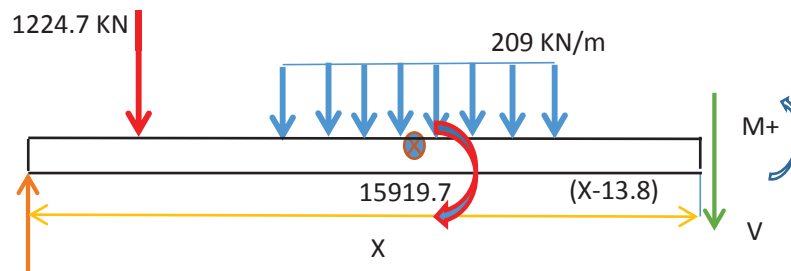
$$-1911.752X + 1224.7(X - 2) + 209 \frac{(X - 7)^2}{2} - 15919.77 + M = 0$$

$$M = 15919.77 + 1911.75X - 1224(X - 2) - 209 \frac{(X - 7)^2}{2}$$

De acuerdo a las condiciones: $\frac{d^2M}{dX^2} = 0$

- $X = 10.4 \Rightarrow M = 24306.47 [KN - m]$
- $X = 13.8 \Rightarrow M = 23018.38 [KN - m]$

Para el tramo EF: $\forall 13.8 \leq X \leq 18.8m$



$$\sum F_y = 0; 1911.52$$

$$1911.752 - 1224.7 - 209(6.8) - V = 0$$

$$V = -737.38 (KN)$$

- $X = 13.8 \Rightarrow V = -23.54 [KN]$
- $X = 18.8 \Rightarrow V = -734.148 [KN]$

$$\sum M_j = 0$$

$$-1911.752X + 1224.7(X - 2) + 1421.2(X - 10.44) - 15919.77 + M = 0$$

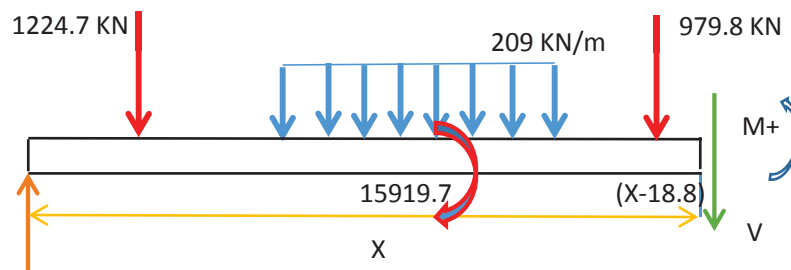
$$M = 1911.52 + 1224.7(X - 2) - 1421.2(X - 10.4) + 15919.77 = 0$$

De acuerdo a las condiciones: $\frac{d^2M}{dX^2} = 0$

- $X = 13.8 \Rightarrow M = 23015.2 [KN - m]$

- $X = 18.8 \Rightarrow M = 19343.3 [KN - m]$

Para el tramo FG: $\forall 18.8 \leq X \leq 20.8m$



$$\sum F_y = 0; \quad 1911.52$$

$$1911.752 - 1224.7 - 209(6.8) - 979.8 - V = 0$$

$$V = -1714.18 (KN)$$

- $X = 18.8 \Rightarrow V = -1714.18 [KN]$

- $X = 20.8 \Rightarrow V = -1714.18 [KN]$

$$\sum M_j = 0$$

$$-1911.52X + 1224.7(X - 2) + 1421.2(X - 10.44) - 15919.77 + 979.8(X - 18.8) + M = 0$$

$$M = 1911.52X - 1224.7(X - 2) - 1421.2(X - 10.4) + 15919.77 - 979.8(X - 18.8)$$

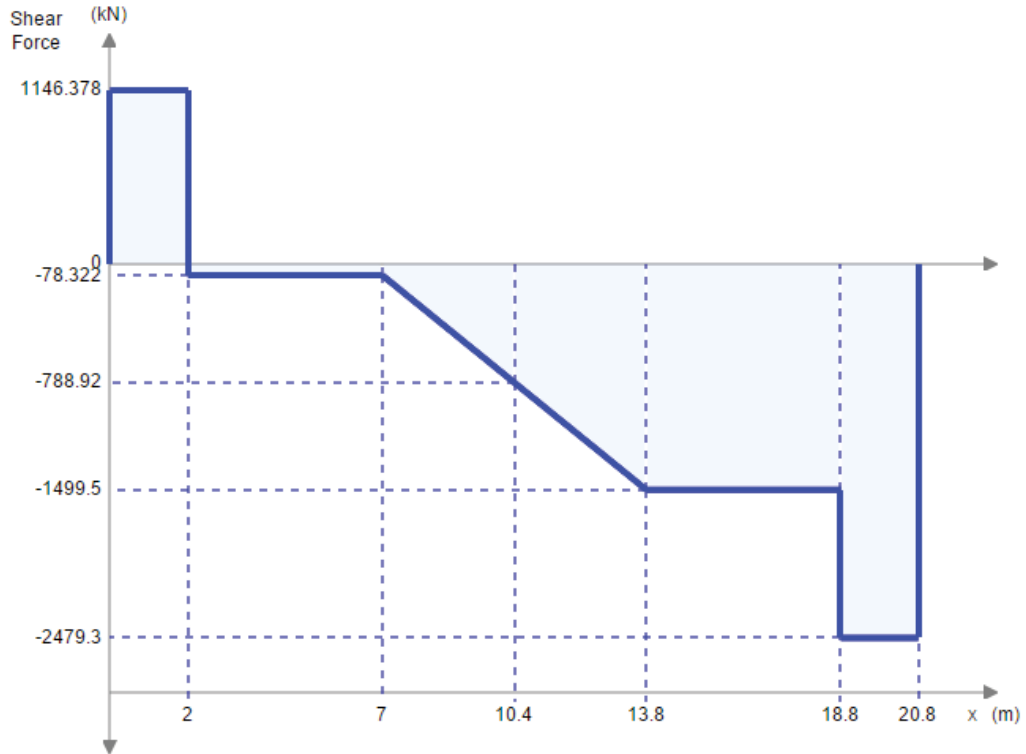
De acuerdo a las condiciones: $\frac{d^2M}{dX^2} = 0$

- $X = 18.8 \Rightarrow M = 23606.90 [KN - m]$

- $X = 20.8 \Rightarrow M = 120178.54 [KN - m]$

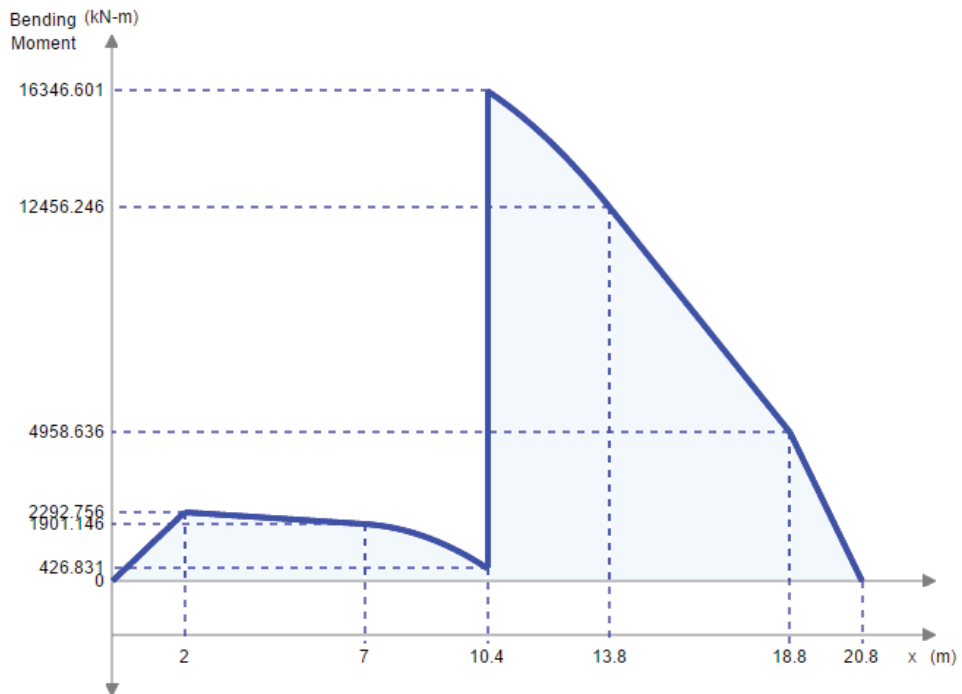
FIGURA 60

COMPORTAMIENTO DEL ESFUERZO CORTANTE MAXIMO



FUENTE: ELABORADO POR EL AUTOR

Momento máximo.



FUENTE: ELABORADO POR EL AUTOR

Del diagrama del momento de flectores observamos que:

$$M_{f \max} = 16306.46 (KN - m)$$

$$\sigma_{f \max} = \frac{M_{f \max}}{S_x} \quad S_x \geq \frac{M_{f \max}}{\sigma_{f \max}}$$

Reemplazando los datos tenemos que el límite de fluencia es:

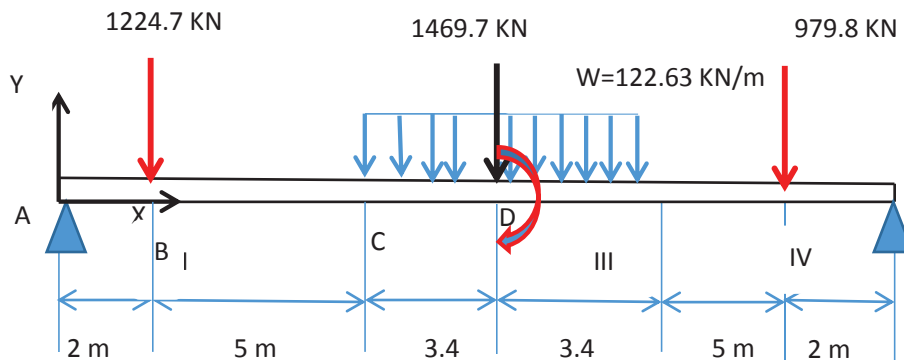
$$S_x > \frac{24306.46 KN.m}{2540 * 9.81 * 10^4 N/m^2}$$

$$S_x > 0.097548 m^3 = 97548.139 mm^3$$

Por lo que elegiremos un acero ASTM A 131, de perfil "T" alma (240 X 8) mm y ala (120X9.5) mm que corresponde a la varenga reforzada de la estructura principal de la barcaza y un perfil en "U" que corresponde a la viga unión cuyas medidas son (1450X900X12.7) mm. Los puntales de Shdl 40, cuyas características constructivas se detallaran conforme se va avanzando el cálculo.

La elección del perfil no está completa aun, ya que se ha de incluir el peso de la viga.

Ahora recalcularemos las reacciones en los extremos, así como también las fuerzas cortantes y momentos flectores considerando $W_{viga}=150$ toneladas.



$$\sum F_y = 0; \uparrow \oplus$$

$$R_1 + R_2 = 1224.7 + 979.8 + 209 \text{ kN/m} (6.8m) + 1469.7$$

$$R_1 + R_2 = 5115.8 \text{ kN} \dots \dots \dots (III)$$

$$\sum M_j = 0;$$

$$1224.7KN(8.4m) - 979.8KN(8.4m) - 15919KN.m - R_1(10.4m) + R_2(10.4) = 0$$

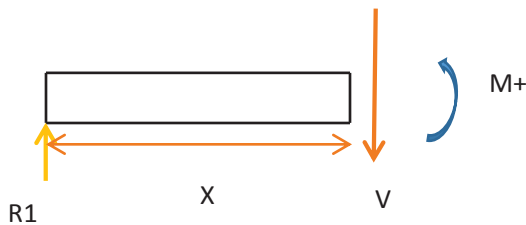
$$R_1 - R_2 = -1332.9[KN] \dots \dots \dots (IV)$$

De (III) en (IV)

$$R_1 = 1891.45[KN] \quad \therefore R_2 = 3224.35[KN]$$

Una vez calculados las reacciones pasamos a determinar la fuerza cortante y momentos flectores para la viga mediante las condiciones de equilibrio y método de las secciones.

Para el tramo AB: $\forall 0 \leq X \leq 2m$



$$\sum F_y = 0;$$

$$-V + 1891.45KN = 0$$

$$V = 1891.45KN(\uparrow)$$

Usando las restricciones determinamos para los puntos.

- $X = 0 \Rightarrow V = 1891.45KN$
- $X = 5 \Rightarrow V = 1891.45KN$

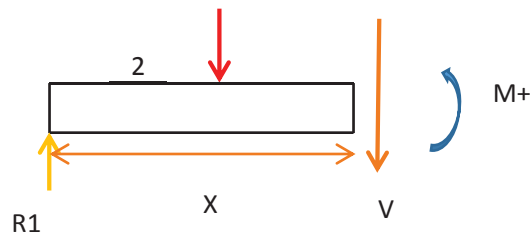
$$\sum M_j = 0; \quad \frac{d^2M}{dX^2} = 0$$

$$-1891.44X + M = 0$$

$$M = 1891.45X$$

- $X = 0 \Rightarrow M = 0$
- $X = 2 \Rightarrow M = 3782.9[KN - m]$

Para el tramo BC: $\forall 2 \leq X \leq 7m$



$$\sum F_y = 0;$$

$$-V + 1891.45 - 1224.7 = 0$$

$$V = 666.75 [KN]$$

Usando las restricciones determinamos para los puntos.

$$\bullet X = 2 \Rightarrow V = 666.75 [KN]$$

$$\bullet X = 7 \Rightarrow V = 666.75 [KN]$$

$$\sum M_j = 0$$

$$-1891.45X + M + 1224.7(X - 2) = 0$$

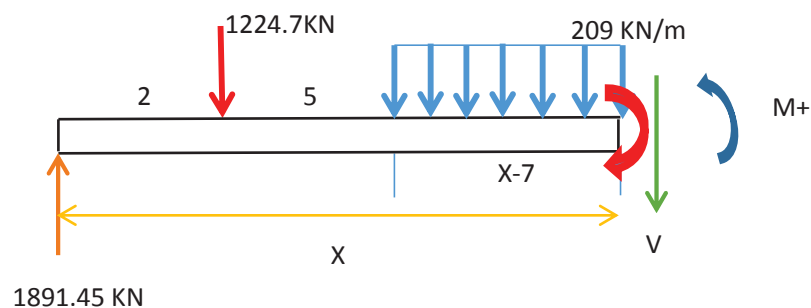
$$M = 1891.45X - 1224.7(X - 2)$$

De acuerdo a las condiciones $\frac{d^2M}{dX^2} = 0$

$$\bullet X = 2 \Rightarrow M = 3782.9 [KN - m]$$

$$\bullet X = 7 \Rightarrow M = 7116.65 [KN - m]$$

Para el tramo CD: $\forall 7 \leq X \leq 10.4m$



$$\sum F_y = 0;$$

$$1891.45 - 1224.7 - 209(X - 7) - V = 0$$

$$V = -209(X - 7) + 666.75 [KN]$$

Usando las restricciones determinamos para los puntos.

$$\bullet X = 7 \Rightarrow V = 666.75 [KN]$$

$$\bullet X = 10 \Rightarrow V = 30.75 [KN]$$

$$\sum M_j = 0$$

$$-1891.45X + 1224.7(X - 2) + M + 209 \frac{(X - 7)^2}{2} = 0$$

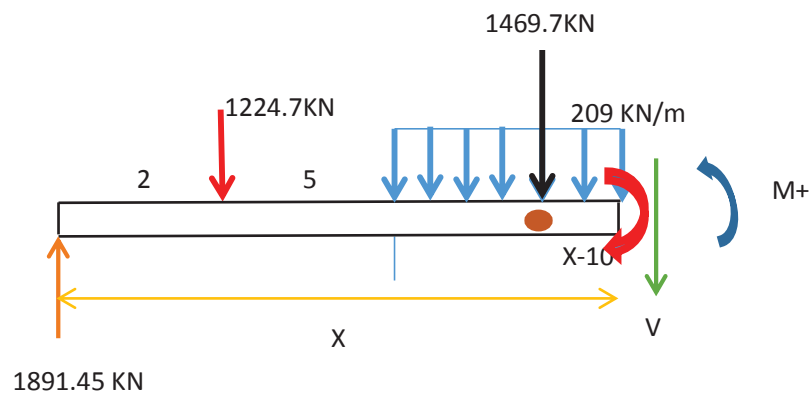
$$M = 1891.45X - 1224.7(X - 2) - 104.5(X - 7)^2$$

De acuerdo a las condiciones: $\frac{d^2M}{dX^2} = 0$

$$\bullet X = 7 \Rightarrow M = 7116.65 [KN - m]$$

$$\bullet X = 10 \Rightarrow M = 8162.9 [KN - m]$$

Para el tramo DE: $\forall 10 \leq X \leq 10.8m$



$$\sum F_y = 0;$$

$$1891.45 - 1224.7 - 209(3.4) - 209(X-10) - 1469.7 - V = 0$$

$$V = -1439.95 - 212(X - 10)$$

- $X = 10 \Rightarrow V = -1439.95 [KN]$
- $X = 10.4 \Rightarrow V = -1524.75 [KN]$
- $X = 10.8 \Rightarrow V = -1609.55 [KN]$

$$\sum M_j = 0$$

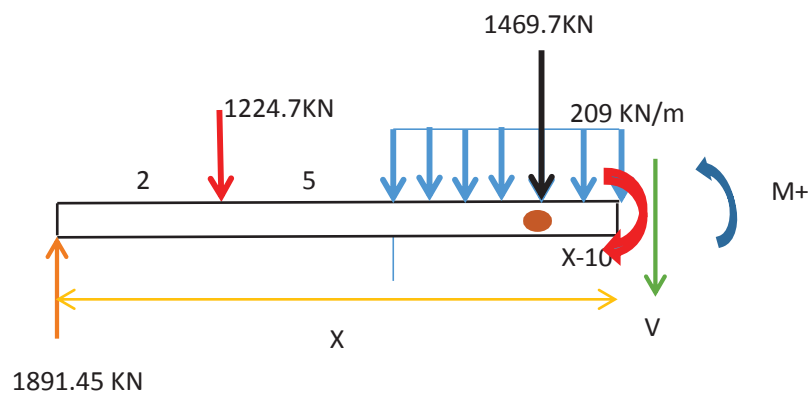
$$-1891.45X + 1224.7(X - 2) + 209(3.4)(X - 8.7) + 104.5(X - 10)^2 + 1469.7(X - 10.4) - 15919.77 + M = 0$$

$$M = 15919.77 + 1891.45X - 1224.7(X - 2) - 636(X - 8.5) - 106(X - 10)^2 - 1469.7(X - 10.4)$$

De acuerdo a las condiciones: $\frac{d^2M}{dX^2} = 0$

- $X = 10 \Rightarrow M = 24670.55 [KN - m]$
- $X = 10.4 \Rightarrow M = 24078 [KN - m]$
- $X = 10.8 \Rightarrow M = 23451.55 [KN - m]$

Para el tramo DE: $\forall 10.8 \leq X \leq 13.8m$



$$\sum F_y = 0;$$

$$1891.45 - 1224.7 - 209(3.4) - 209(X - 10.4) - 1469.7 - V = 0$$

$$V = -1523.75 - 209(X - 10.4)$$

$$\bullet X = 10.8 \Rightarrow V = -1608.55 [KN]$$

$$\bullet X = 13.8 \Rightarrow V = -2244.55 [KN]$$

$$\sum M_j = 0$$

$$-1891.45X + 1224.7(X - 2) + 710.6(X - 10.4) + 1469.7(X - 10.4) - 15919.77 + M = 0$$

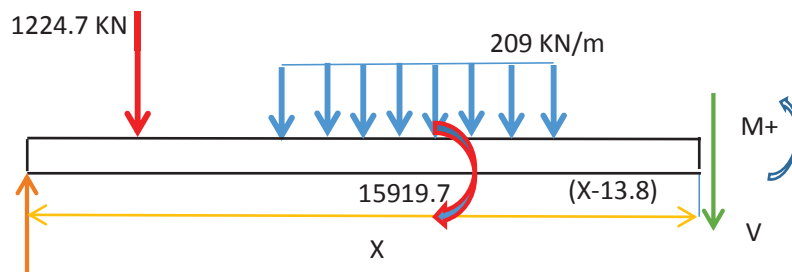
$$M = 15919.77 + 1891.45X - 1224.7(X - 2) - 720.8(X - 10.4) - 1469.7(X - 10.4)$$

De acuerdo a las condiciones: $\frac{d^2M}{dX^2} = 0$

$$\bullet X = 10.8 \Rightarrow M = 24693.87 [KN - m]$$

$$\bullet X = 13.8 \Rightarrow M = 20122.62 [KN - m]$$

Para el tramo FG: $\forall 13.8 \leq X \leq 18.8m$



$$\sum F_y = 0; \quad 1891.45$$

$$1891.45 - 1224.7 - 1469.7 - 209(6.8) - V = 0$$

$$V = -2244.55 [KN]$$

$$\bullet X = 13.8 \Rightarrow V = -2244.55 [KN]$$

$$\bullet X = 18.8 \Rightarrow V = -2244.55 [KN]$$

$$\sum M_j = 0$$

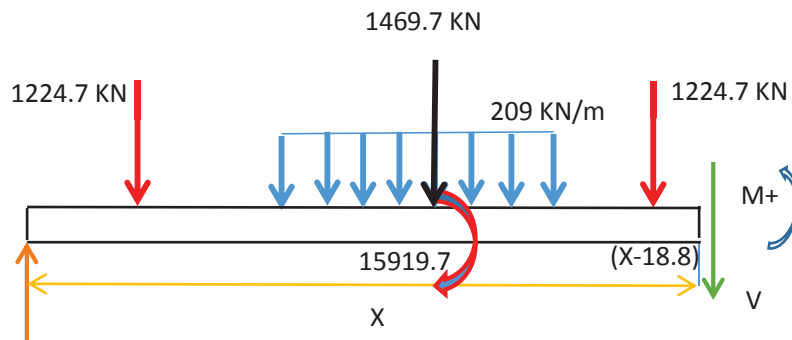
$$-15919.77 - 1891.45X + 1224.7(X - 5) + 1469.7(X - 10.4) + 209(6.8)(X - 10.4) + M = 0$$

$$M = 1891.45X - 1224(X - 5) - 1469.7(X - 10.4) - 1441.6(X - 10.4) + 15919.77$$

De acuerdo a las condiciones: $\frac{d^2M}{dX^2} = 0$

- $X = 13.8 \Rightarrow M = 5426.23 [KN - m]$
- $X = 18.8 \Rightarrow M = 4612.1 [KN - m]$

Para el tramo GH: $\forall 18.8 \leq X \leq 20m$



$$\sum F_y = 0; \quad 1891.45KN$$

$$1891.45 - 1224.7 - 1469.7 - 209(6.8) - 979.8 - V = 0$$

$$V = -3224.35 [KN]$$

- $X = 18.8 \Rightarrow V = -3224.35 [KN]$

- $X = 20 \Rightarrow V = -3224.35 [KN]$

$$\sum M_j = 0$$

$$M - 1891.45X - 15919.77 + 1224.7(X - 2) + 2890.9(X - 10.4) + 979.88(X - 18.8) = 0$$

$$M = 1891.45X - 1224.7(X - 2) - 2911.3(X - 10.4) - 979.8(X - 18.8) + 15919.77$$

De acuerdo a las condiciones: $\frac{d^2M}{dX^2} = 0$

- $X = 18.8 \Rightarrow M = 6449.15 [KN - m]$
- $X = 20 \Rightarrow M = 2579.93 [KN - m]$

Recalculando el esfuerzo.

$$\sigma_{f \max} = \frac{24670.5 \text{ KN.m}}{207.9 \text{ cm}^2 - m}$$

$$\sigma_{f \max} = 118.66 [\text{MPa}]$$

Sabemos que:

$$\sigma_{f \max} = \sigma_{t \max}$$

$$\sigma_{t \max} = \frac{\sigma_f (\sigma_{0.2})}{F.S}$$

$$F.S = \frac{310 \text{ MPa}}{118.66 \text{ MPa}} = 2.61$$

El cual se encuentra dentro del rango establecido por la ABS (F.S)=1, 2,3,...8

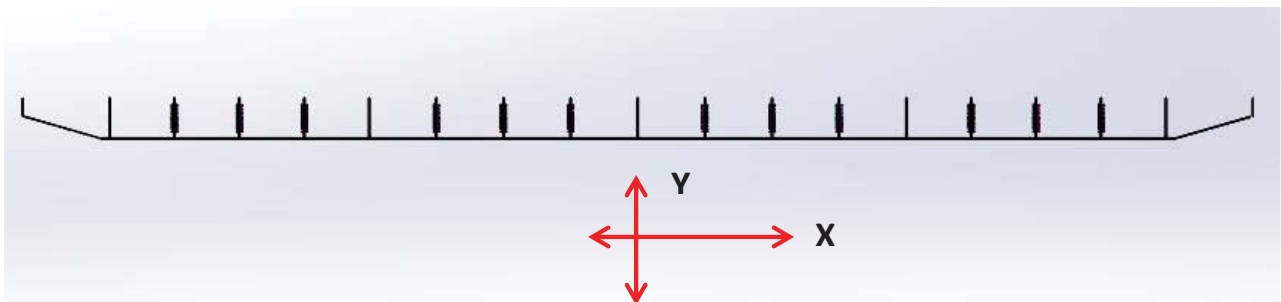
CALCULO DE LOS ESFUERZOS PRINCIPALES

Análisis de la viga unión.

Analizamos el esfuerzo generado en la viga unión considerando a esta la más crítica de la estructura por dos motivos importantes las cuales considero una por la posición en la que se encuentra y otra por la forma de sus secciones a la cual está diseñada.

FIGURA 61

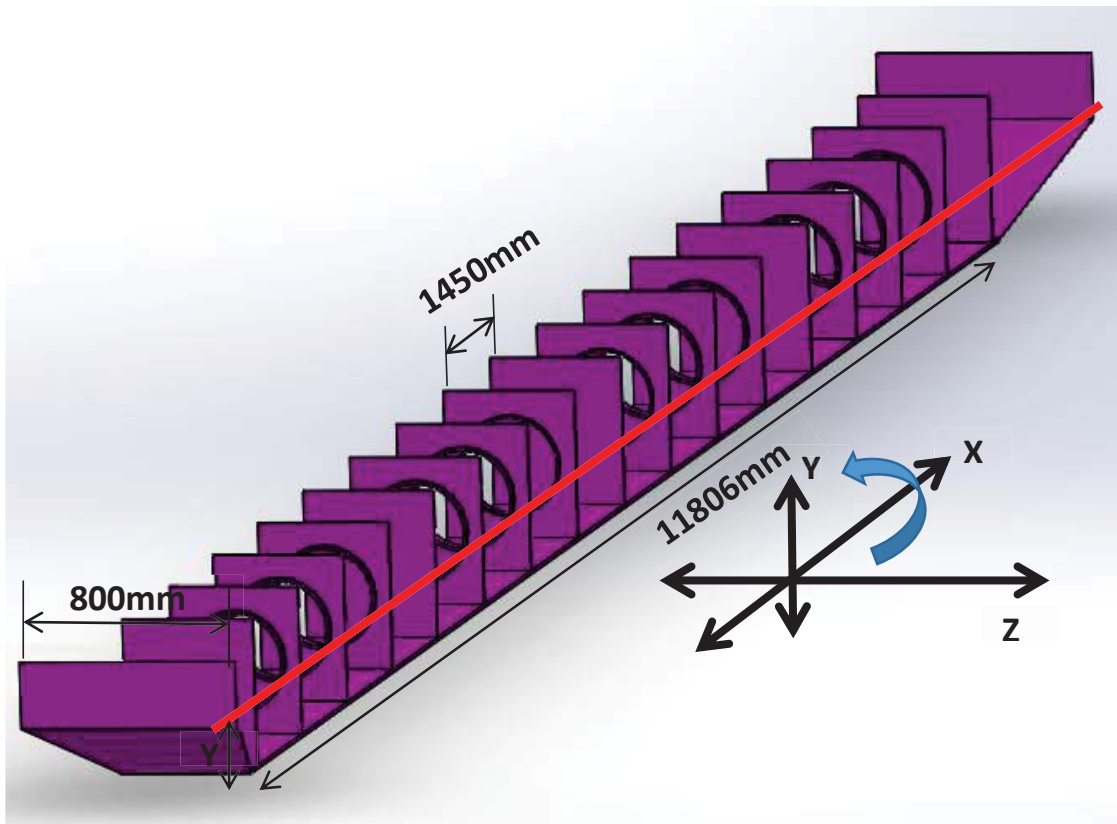
DISPOSICION LONGITUDINAL DE LOS CAJONES



FUENTE: ELABORADO POR EL AUTOR

FIGURA 63

VISTA ISOMETRICA DEL CAJON-VIGA



FUENTE: ELABORADO POR EL AUTOR

Enseguida calculamos el C.G del eje de las ordenadas.

$$\bar{Y} = \frac{\sum_{i=1} y_i \cdot A_i}{\sum A_i}$$

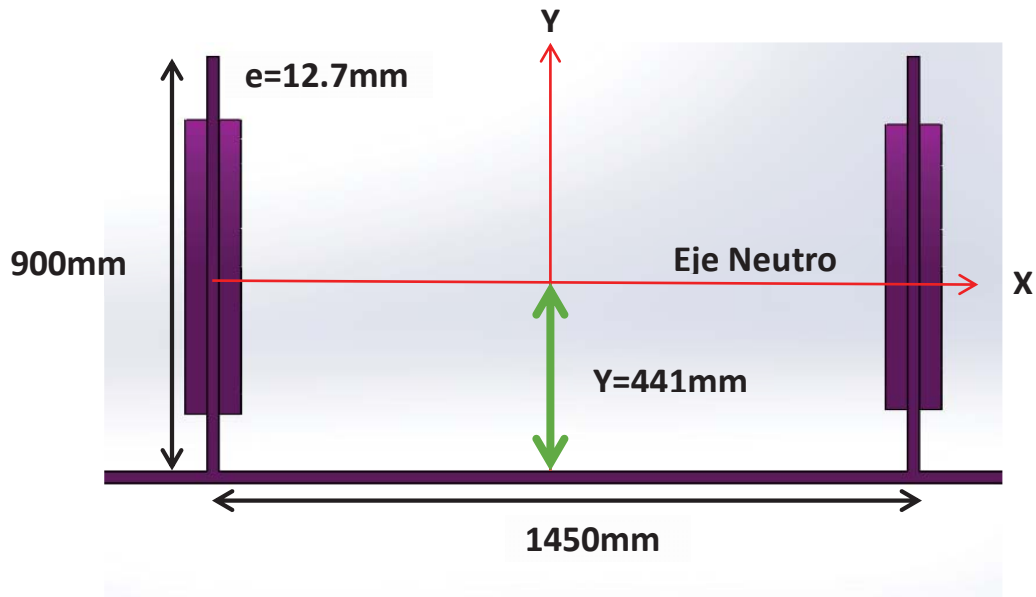
$$\bar{Y} = \frac{16(900)(12.7) + 2(900)(12.7) + 2(600 \text{ sen } 45)(12.7)}{16(900)(12.7) + 2(400)(12.7) + 2(600)(12.7)}$$

$$\bar{Y} = 441.095 \text{ mm}$$

En base al centroide calculado tomaremos una sección conocida para hallar los siguientes parámetros.

FIGURA 64

SECCION EN U PARA LOS FINES DE CÁLCULO



FUENTE: ELABORADO POR EL AUTOR

Entonces aplicando la ecuación de equilibrio con respecto al eje neutro.

$$M_{\max/secion} = \frac{M_{\max}}{19}$$

$$M_{\max/secion} = \frac{24670.5 \text{ KN.m}}{19} = 1298.45 \text{ KN.m}$$

$$V_{\max/secion} = 1439.95 \text{ KN.m}$$

Propiedades de la sección

El momento de inercia con respecto al eje neutro, se determina usando el teorema de Steiner.

$$I = \sum (I_i + Ad^2)$$

Aplicando a cada una de las secciones y trabajado en metros tenemos:

$$I = 2 \left[\frac{1}{12} (0.0127) (0.9)^3 + (0.0127) (0.9) (0.45 - 0.441)^2 \right] + \left[\frac{1}{12} (1.45) (0.0127)^3 + \right.$$

$$(1.45)(0.0127)(0.441 - 0.00635)^2]$$

$$I = 2[7.715 \times 10^{-4} + 9.258 \times 10^{-7}] + [2.475 \times 10^{-7} + 3.4789 \times 10^{-3}]$$

$$I = 1.544 \times 10^{-3} + 3.479 \times 10^{-3}$$

$$I = 5.02 \times 10^{-3} m^4$$

Esfuerzo máximo de flexión

Ocurre en los puntos más alejados del eje neutro. En este caso el punto más alejado es la parte superior de la viga.

$$c = 0.90m - 0.441m = 0.459m$$

Entonces.

$$\sigma_{\max} = \frac{M \cdot c}{I} = \frac{1370.58 [KN \cdot m] \cdot (0.459m)}{5.02 \times 10^{-3} m^4}$$

$$\sigma_{\max} = 125.32 [MPa]$$

Esfuerzo normal.

La distribución uniforme se presenta en toda su sección perpendicular a la carga.

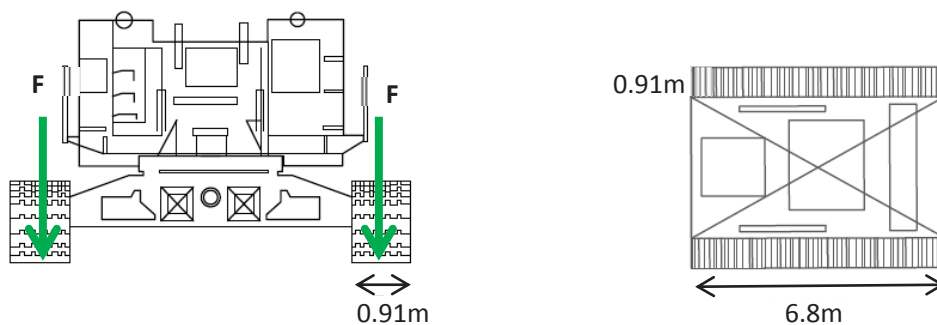
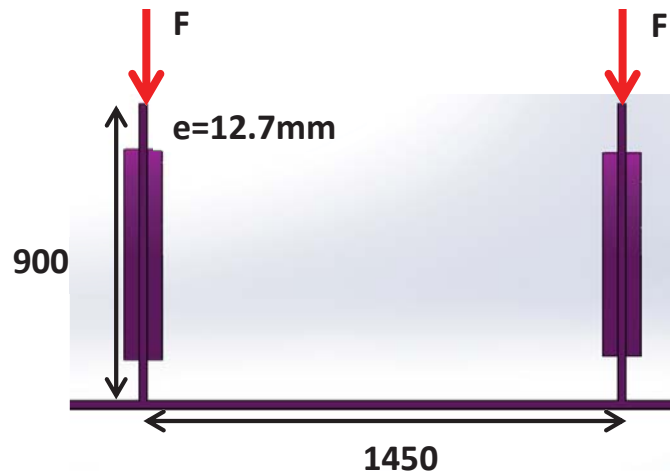
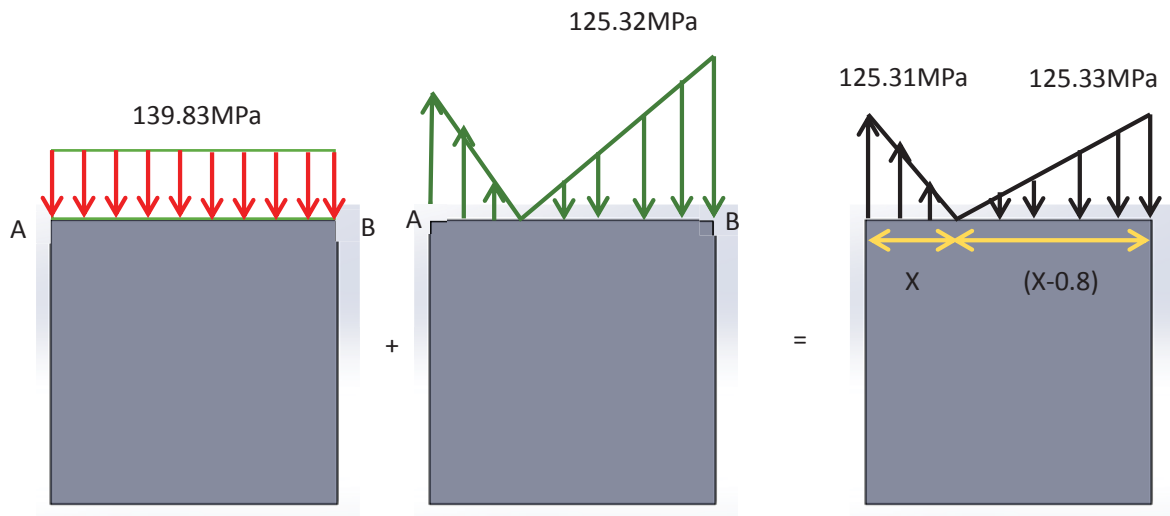


FIG. 94. VISTA FRONTAL Y DE PLANTA DE LA FUERZA NORMAL



$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{1420.7 \text{ KN}}{(12.7 \text{ mm})(0.8 \times 10^{-3} \text{ mm})} = 139.83 \text{ MPa}$$



Superposición, el esfuerzo normal en cada punto puede determinarse realizando una simple suma algebraica, suponiendo que el esfuerzo de tensión es positivo, tenemos.

$$\sigma_A = \sigma_n + \sigma_{flex}$$

$$\sigma_A = -139.25 \text{ MPa} + 125.32 \text{ MPa} = -13.93 \text{ MPa}$$

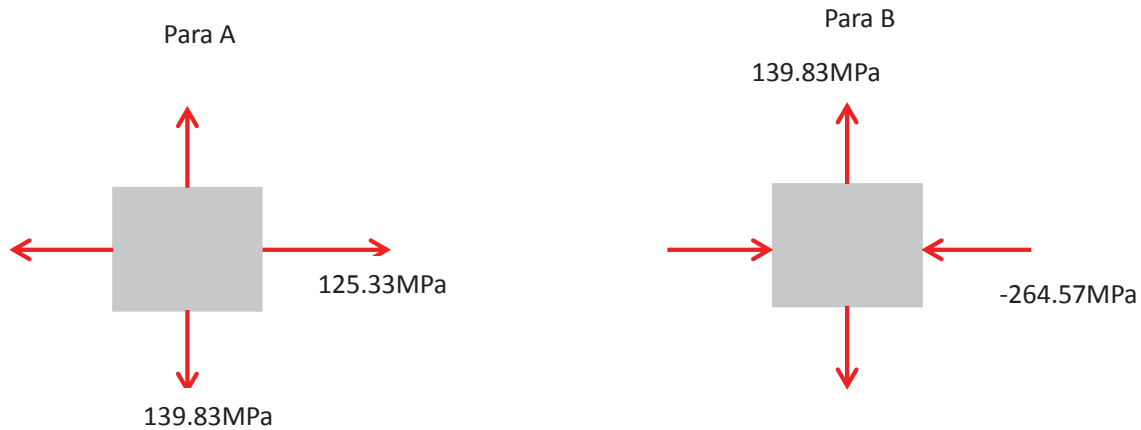
$$\sigma_B = -139.25 \text{ MPa} - 125.32 \text{ MPa} = -264.57 \text{ MPa}$$

Como las distribuciones de esfuerzos debido al momento flexionante son, lineales, la distribución resultante del esfuerzo también el lineal y por lo tanto se ve como se muestra en la figura.

La línea de esfuerzo cero puede localizarse a lo largo de cada lado por triángulo semejantes. De acuerdo con la figura se requiere.

$$\frac{125.31}{X} = \frac{125.33}{0.8 - X}$$

$$X = 0.399\text{mm}$$



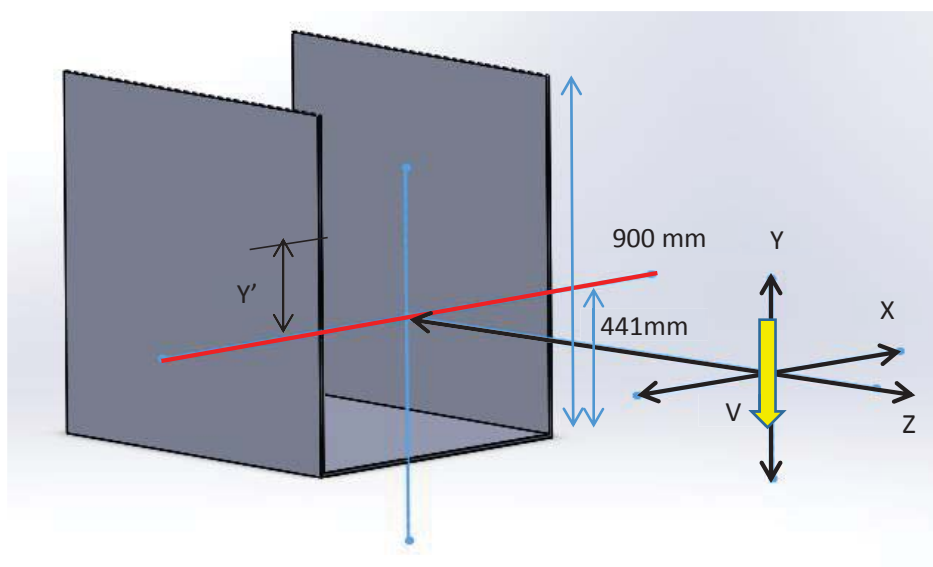
Esfuerzo cortante

$$\tau_{\max} = \frac{V \cdot Q}{I \cdot t}$$

Teniendo la localización del eje neutro y el momento de inercia determinado de toda el área, sabemos:

$$I = 5.02 \times 10^{-4} \text{m}^4$$

El esfuerzo cortante máximo ocurre en el eje neutro ya que este es constante.



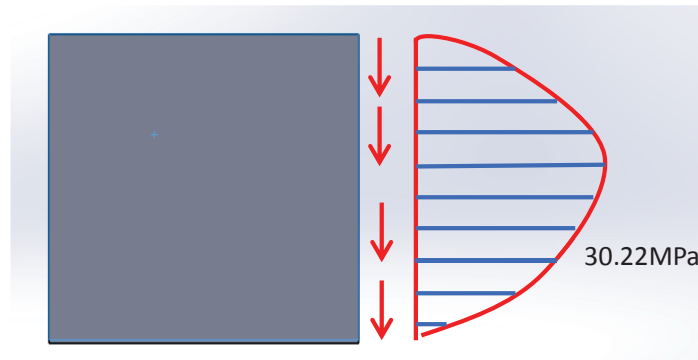
$$Q = Y' \cdot A = (0.2295m)(0.127m)(0.459m)$$

$$Q = 1.338 \times 10^{-3} m^3$$

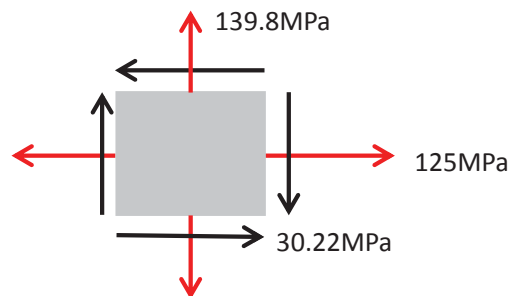
Aplicando la formula.

$$\tau_{\max} = \frac{(1439.95KN)(1.338 \times 10^{-3} m^3)}{(5.02 \times 10^{-3} m^4)(0.0127m)}$$

$$\tau_{\max} = 30.22MPa$$



El estado de esfuerzo plano en un punto sobre la estructura de la viga unión se muestra en el siguiente diagrama.



Inmediatamente pasamos a representar este estado de esfuerzo en términos de los esfuerzos principales.

$$\sigma_x = 125MPa$$

$$\sigma_y = 139.8MPa$$

$$\tau_{xy} = -30.22MPa$$

Orientación del elemento podemos determinarlo aplicando la siguiente ecuación.

$$\operatorname{Tg} 2\theta_p = \frac{\tau_{xy}}{\frac{(\sigma_x - \sigma_y)}{2}} = \frac{-30.22 \text{MPa}}{\frac{139.8 - 125}{2}}$$

Despejando la raíz obtenemos.

$$\operatorname{Tg} 2\theta_p = -76.24 \Rightarrow \theta_{p_2} = -38.12^\circ$$

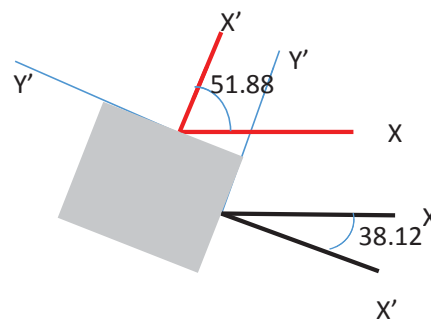
Como la diferencia entre $2\theta_{p_1}$ y $2\theta_{p_2}$ es 180°

$$2\theta_{p_1} = 180 + 2\theta_{p_2}$$

$$2\theta_{p_1} = 180^\circ - 38.12^\circ$$

$$\theta_{p_1} = 51.88^\circ$$

Los resultados con respecto a las orientaciones se ven en la siguiente figura.



Esfuerzos principales, se tiene que.

$$\sigma_{1,2} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

$$\sigma_{1,2} = \frac{125 + 139.8}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{125 - 139.8}{2}\right)^2 + (-30.22)^2}$$

$$\sigma_{1,2} = 132.4 \text{MPa} \pm 31.22 \text{MPa}$$

$$\sigma_1 = 163.51 \text{MPa}$$

$$\sigma_2 = 101.29 \text{MPa}$$

Y el esfuerzo cortante máximo en el plano es.

$$\tau_{\max} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

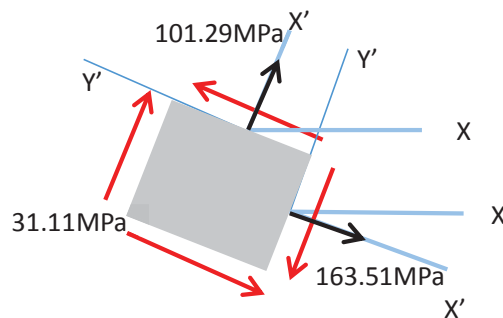
$$\tau_{\max-plano} = 31.11MPa$$

El esfuerzo normal promedio, además del esfuerzo cortante máximo que se calculó arriba, el elemento también está sujeto a un esfuerzo promedio, determinado con la siguiente ecuación.

$$\sigma_{prom} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} = \frac{125 + 139.8}{2}$$

$$\sigma_{prom} = 132.4MPa$$

Es un esfuerzo de tensión los resultados se ven en la siguiente figura.



El estado de esfuerzo plano en un punto se indica en el elemento dada en la figura, enseguida calcularemos los esfuerzos cortantes máximos en el plano y la orientación del elemento sobre el que actúan.

Construcción del círculo de MHOR

Según los datos tenemos

$$\sigma_x = 125MPa$$

$$\sigma_y = 139.8MPa$$

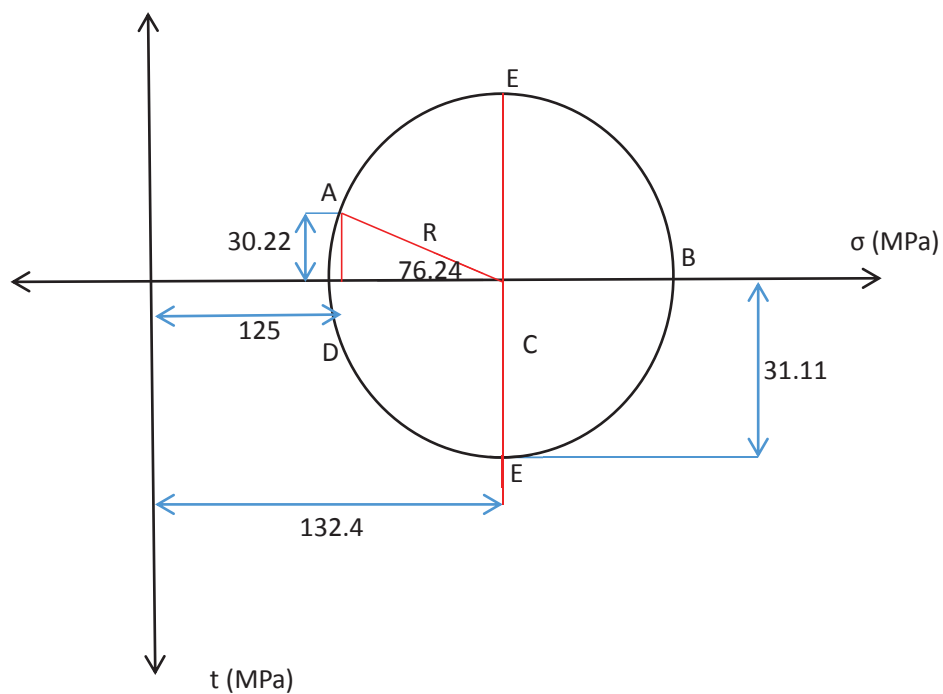
$$\tau_{xy} = -30.22MPa$$

Los ejes σ y τ se establecen en la figura, el centro c del círculo está en el eje σ específicamente en el punto.

$$\sigma_{prom} = 132.4MPa$$

Y el punto de referencia A (125;-30.22). Al aplicar el teorema de Pitágoras para determinar el radio. CA del círculo, se obtiene.

$$R = \sqrt{(30.22)^2 + (7.4)^2} = 31.11MPa$$



Esfuerzo cortante máximo en el plano y el esfuerzo normal promedio se identifica con el punto E o F, en el círculo. En particular las coordenadas E (132.4; 31.11).

$$\tau_{max-plano} = 31.11MPa$$

$$\sigma_{prom} = 132.4MPa$$

Entonces tenemos para nuestros cálculos.

$$\sigma_B = \sigma_{max} = 163.51MPa$$

$$\sigma_D = \sigma_{min} = 125 - 31.11 = 93.89MPa$$

$$\tau_{\max} = 31.1 \text{MPa}$$

Criterio de la energía de la distorsión o de von mises según este criterio, solamente parte de la energía de deformación, la debida al cambio de forma, determina la aparición de deformaciones plásticas. Se establece como tensión equivalente la siguiente.

$$\sigma_{\text{equiv}} = \sqrt{\frac{1}{2} [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]}$$

Dónde:

$$\sigma_1 = 163.51 \text{MPa}$$

$$\sigma_2 = 93.89 \text{MPa}$$

$$\sigma_3 = 0 \text{MPa}$$

$$\sigma_{\text{equiv}} = \sqrt{\frac{1}{2} [(163.51 - 93.89)^2 + (93.89 - 0)^2 + (0 - 163.51)^2]}$$

$$\sigma_{\text{equiv}} = 142.12 \text{MPa}$$

Factor de seguridad a la resistencia.

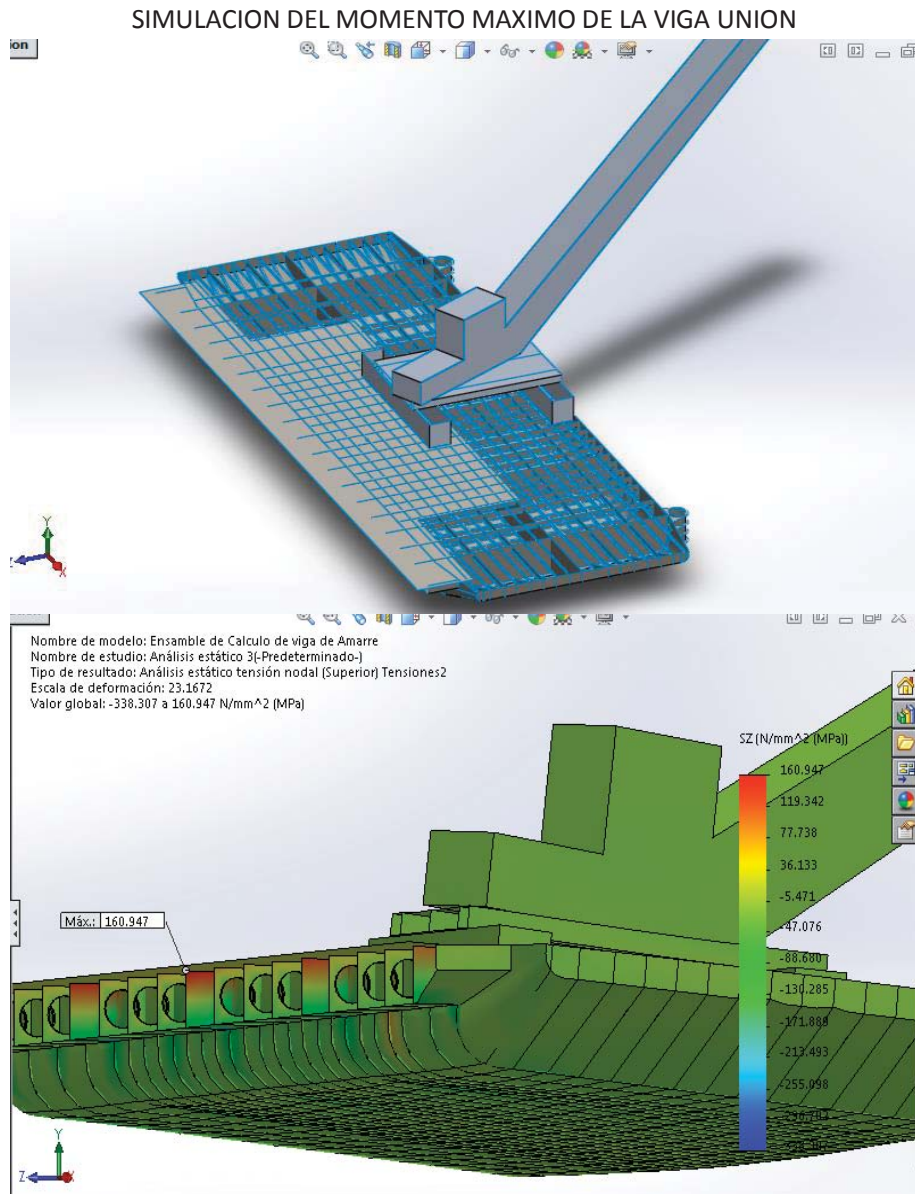
$$F.S = \frac{S_y}{\sigma_{\text{equiv}}} = \frac{270 \text{MPa}}{142.12} = 1.89$$

4.4.3. SIMULACION DE LA BARCAZA

El esfuerzo máximo obtenido es 250 MPa. Aunque el esfuerzo es un valor muy grande no supera el esfuerzo de fluencia del material (335MPa), 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 barcaza es 1.55 como se muestra en la figura.

Para el cálculo de la viga unión se consideró la Geometría; todo de plancha de medio, el cálculo es simple la viga donde el momento de Sección es el longitudinal

FIGURA 65



FUENTE: ELABORADO POR EL AUTOR

El esfuerzo de fluencia de material es 250 MPa.

El esfuerzo experimental solidwok es 161 MPa.

El factor de seguridad que se utilizara en la construcción se calculara.

$$f.s = \frac{\tau_{falla}}{\tau_{permisible}}$$

$$f.s = \frac{250MPa}{161MPa} = 1.55$$

Enseguida notamos que en el cálculo analítico como el solid work los factores de seguridad están muy próximos.

CAPITULO V

CALCULO DE SOLDADURA

5.1. TRABAJO DE SOLDADURA

Se utilizara equipos de soldadura por electrodo CELLOCORD AP E 6011 y OVERCORD S E 6013, SUPERCITO E 7018 todos fabricados bajo normas AWS/ASME: A5.1-91.

El casco es un diseño longitudinal construido totalmente de acero naval ASTM A131.

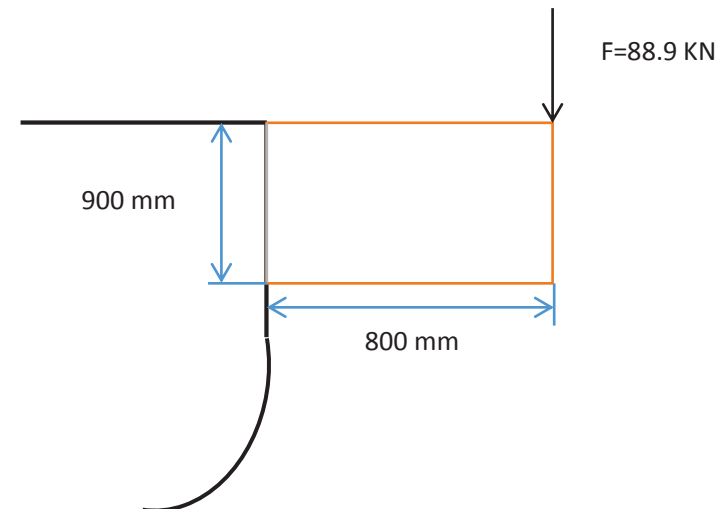
5.2. CALCULO DE JUNTAS SOLDADAS

Estos cálculos se efectúan con el objeto de determinar los esfuerzos originados en las soldaduras o, en caso de esfuerzos admisibles especiales, para hallar las dimensiones de las soldaduras.

Debe establecerse distinción entre estructuras cargadas estática o dinámicamente. En el primer caso, pueden aceptarse mayores esfuerzos admisibles. Otro factor de importancia es la determinación de si debe emplearse soldadura a tope o a solape. (21)

5.3. CALCULO DE VIGA UNION

Para realizar el cálculo respectivo se mostrara una sección transversal mirando a proa con su respectiva carga y medidas de la viga unión. Para esto se asumió como si fuera una viga empotrada de uno de los cascos



A continuación se muestra la vista isométrica para tener un mejor panorama de lo que se está realizando. Observamos que la parte de la soldadura tiene una sección en C, lo que nos facilita para guiarnos de las tablas de que se muestran

en el anexo D.

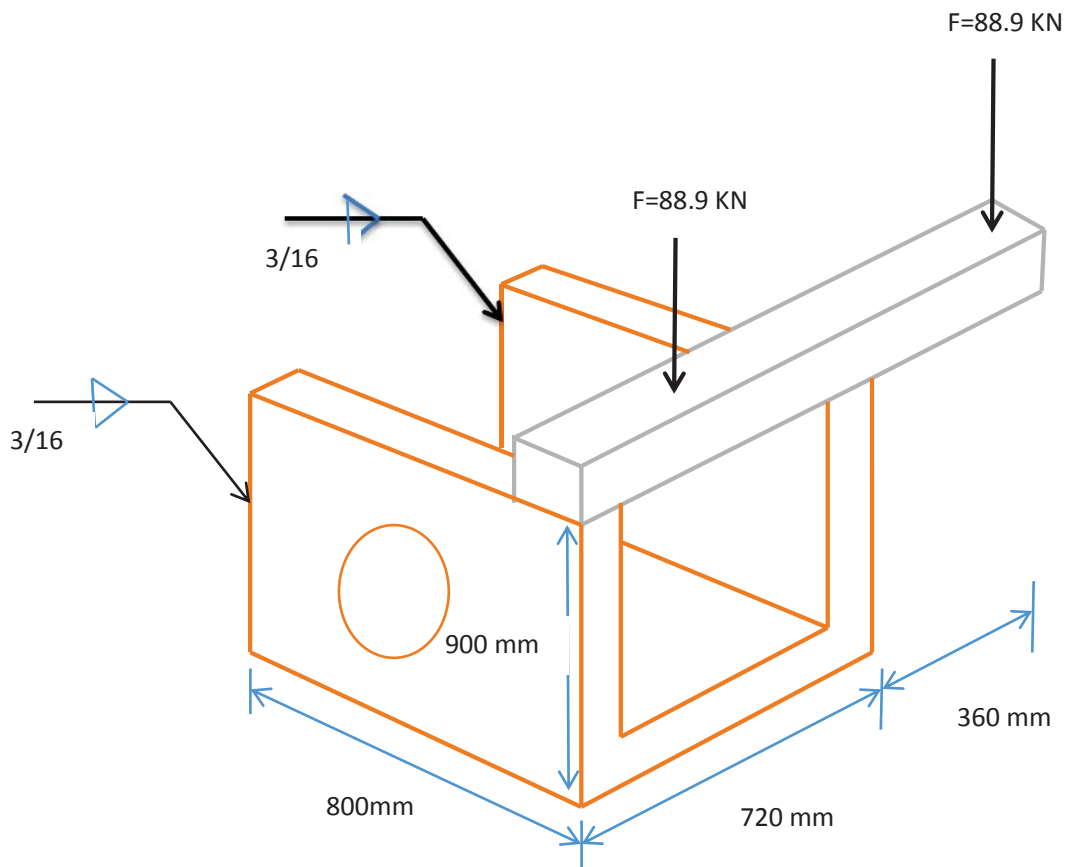
Considerando el peso máximo de la grúa 145 T. = 1422.45 KN.

En total la viga cuenta con 16 espacios o cuadrados y el peso se distribuyó para cada uno como se ve en el gráfico y la cual nos permite realizar el respectivo cálculo.

La viga tiene un espesor igual a $t = 1/2$ in. Lo que nos permite de tabla seleccionar el tamaño mínimo del cordón $h = 3 / 16$ in.

FIGURA 66

DISTRIBUCION DE UNA SECCION DE LA VIGA



➤ **CORTE DIRECTO**

$$\tau' = \frac{F}{A} = \frac{F}{0.707 * h * L} \left[\frac{lbs}{in^2} \right]$$

Dónde:

τ' = esfuerzo por corte directo $\left[\frac{lbs}{in^2} \right]$

F = carga actuante en Klb

$A = \text{area de cordon, in}^2$
 $h = \text{espesor del cordon de soldadura, in}$
 $L = \text{longitud de soldadura}$

Reemplazando datos obtenemos:

$$\tau' = \frac{177.8}{1.414 \times 4.763 \times [2 \times 90 + 72]} \left[\frac{\text{lb}}{\text{in}^2} \right] \quad \text{Sabido } h = \frac{3}{16} \text{ in} = 4.763 \text{ mm}$$

➤ **CORTE POR TORSION**

$$\tau'' = \frac{T * c}{J} \quad \left[\frac{\text{lbs}}{\text{in}^2} \right]$$

Dónde:

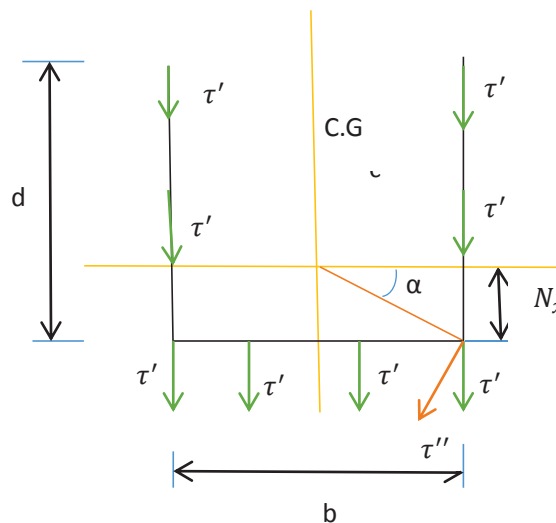
J = Momento polar de inercia

$$J = 0.707 * h * J_w$$

$$J_w = \frac{(b+2d)^3}{12} - \frac{d^2(b+d)^2}{b+2d} \quad \text{Conociendo } d=35.43 \text{ in, } b=31.49 \text{ in}$$

Reemplazando datos obtenemos. $J_w = 34422.9 \text{ in}^3$

A continuación veremos un diagrama de la distribución de esfuerzos y calculando α y N_x .



Luego

$$N_x = d^2 / 2d + b = 12.26 \text{ in}$$

Calculando c.

$$c = \sqrt{N_x^2 + (b/2)^2} = 19.95 \text{ in}$$

$$\tau'' = \frac{19.961 \text{ Klb} * 15.74 \text{ in} * 19.95 \text{ in}}{0.707 * \frac{3}{16} * 34422.9} = 1373.6 \text{ lb/in}^2$$

➤ **CORTE POR FLEXION**

$$\tau''' = \frac{M * c}{Z} \quad [\text{lb/in}^2]$$

Dónde:

$$Z = 0.707 * h * Z_w$$

$$Y \text{ } Z_w = \frac{d^2(2b+d)}{3(b+d)} = 486.07 \text{ in}^2 \text{ sabiendo que } c = 31.49 \text{ in}$$

Reemplazando los datos correspondientemente.

$$\tau''' = \frac{39.92 \text{ Klb} * 31.49 \text{ in}}{0.707 * \frac{3}{16} * 486.07}$$

$$\tau''' = 19509.38 \text{ lb/in}^2$$

Teniendo los tres esfuerzos principales hallamos la resultante por la ley de cosenos.

$$\tau_R = \sqrt{\tau'^2 + \tau''^2 + \tau'''^2 + 2 * \tau'^2 * \tau''^2 * \cos \alpha}$$

$$\tau_R = 19700 \text{ lb/in}^2$$

$$\tau_R = 0.4S_y$$

$$S_y = 4250.3 \text{ psi (4.25 Kpsi)}$$

∴ usar electrodo E 70XX

CAPITULO VI

EVALUACION DE COSTOS

6.1. ESTIMACION DEL COSTO DE CONSTRUCCION DE BARCAZA

En este capítulo se trata de realizar unos cálculos estimados de la evaluación económica de este proyecto que es el proceso de medición de su valor, que se basa en la comparación de los beneficios que genera y los costos o inversiones que requiere, desde un punto de vista determinado.

6.1.1. COSTO DE MATERIALES

TABLA 29

COSTO TOTAL DE MATERIAL A CONSIDERAR

Materiales	Materiales y o Accesorios	Peso (kg)	Costo Unitario o \$/kg	Costo \$	T.C	Costo s/
Plancha acero Naval A131	13x2400x12000	25,184.2	1.2	30,221.1	3.47	104,867.1
Plancha acero Naval A36	8x2400x12001	125,765	1.2	150,917	3.47	523,683.5
Tubo de 4`` sch 40	sch 40	1,728.06	1.2	2,073.67	3.47	7,195.64
Tubo de 3`` sch 40	sch 40	364.1	1.2	436.92	3.47	1,516.11
Ángulos	76x76x12000	1,031.56	1.2	1,237.87	3.47	4,295.42
Soldadura 6011 de 5/32						
Soldadura 6011 de 1/8						
Soldadura 6013 de 5/32		1,414	1.2	1,696.8	3.47	5887.896
Soldadura 6012 de 5/32						
Soldadura 7018 de 5/32						
TOTAL				186,183	3.47	646,054.9

FUENTE: ELABORADO POR EL AUTOR

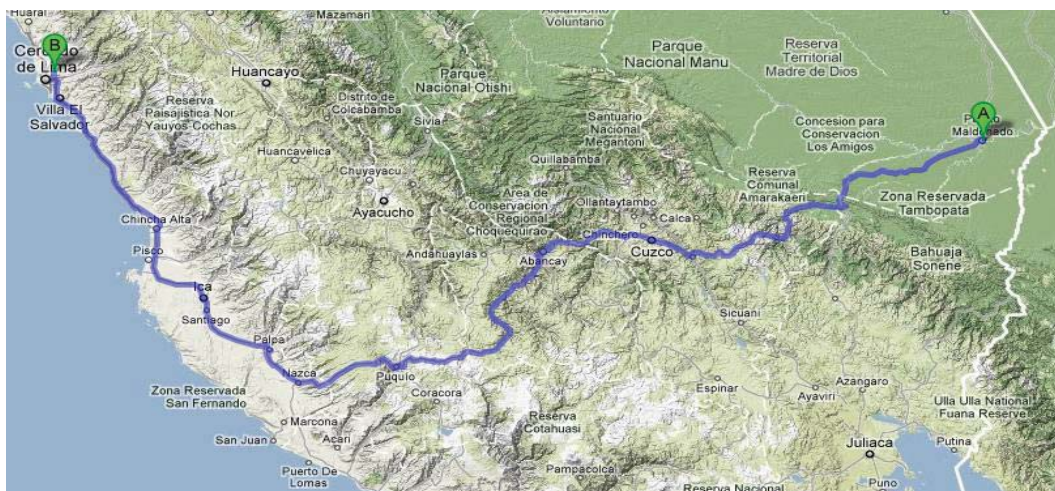
6.1.2. COSTO DE FLETE DE MATERIALES LIMA-PTO. MALDONADO

El transporte incluye la cama baja para el traslado de módulos.

Ruta de transporte:

FIGURA 67

MAPEO DE LA DISTANCIA DE TRASLADO DE MATERIALES



FUENTE: GOOGLE MAP 2015

TABLA 30

FLETE DE MATERIALES

Traslado de Materiales y Equipos	Materiales y o Accesorios	Maquinaria	Peso (kg)	viajes	Costo \$	T.C	Costo S/.
Transporte materiales Lima-Puerto Maldonado.	Planchas ASTM A131-A36, Ángulos 76x76x12000 mm, tubos schl 40 de 4"y3", electrodos.	Cama baja de 20 tn	152,000	1	6825	3.47	23,682.75
Transporte materiales Puerto Maldonado-Lima	Cadenas de 3", Aparejo Séxtuple, cables de acero de 1-5/8", Grilletes de 4 Aparejo amante 3ple, cable de 1", Gatas de 80 tn, grupo electrógeno 40 kw.	Cama baja de 20 tn	5,00	1	1523	3.47	5,284.81
TOTAL					8348	3.47	28,967.56

FUENTE: ELABORADO POR EL AUTOR

6.1.3. COSTO DE TRÁMITES A CAPITANIA.

Este trámite está constituido por permisos administrativos la cual se describe en el siguiente cuadro.

TABLA 31

TRAMITES DE CAPITANIA

Trámite de Capitanía	Pagos de Derechos	Costo \$	T.C	Costo S/
Elaboración de planos para permisos		2500	3.47	8,675.00
Prueba de Estabilidad		3000	3.47	10,410.00
Prueba de Flotación y Arqueo, cartilla		3400	3.47	11,798.00
Autorización para este ingreso al Astilleros	Aproximado 3.5 UIT	10475	3.47	36,348.25
Licencia de construcción				
Inspección Avance de 50 %				
Inspección Avance de 100 %				
Tramite Certificado de Matricula				
TOTAL		19,375	3.47	67,231.25

FUENTE: MARINA DE GUERRA DEL PERU, PUERTO MALDONADO

6.1.4. COSTO DE DISEÑO E INGENIERIA.

Este costo hace referencia al costo profesional que se hace referencia en el siguiente cuadro.

TABLA 32

COSTOS DE INGENIERIA

INGENIERIA Y DISEÑO	Peso/hrs	Costo \$
Diseño de la Barcaza		10,000
Dibujo de Planos		
Calculo de Estabilidad		
Sistema de Achique		
Supervisión y control de Calidad		

FUENTE: ELABORADO POR EL AUTOR

6.1.5. COSTO DE ACABADO SUPERFICIAL.

Este costo consta el proceso de pintura o acabado tanto exterior como interior. La cual se muestra en el siguiente cuadro.

Protección catódica de barcaza: Para naves marinas es requisito indispensable contar con protección catódica, y más aún si la estructura de casco es de acero A36 que es más vulnerable a la corrosión.

La calidad de zinc más usada es la que tiene la siguiente composición:

Protección Anticorrosiva:

Como Astilleros nosotros recomendamos un tratamiento superficial tanto como obra viva y obra muerta, así como los tanques de flotación e interiores.

Sistema de pintado de obra viva cuya área aproximada tiene 1040m².

TABLA 33

COSTO DEL AREA DE FLOTACION

CAPAS	PINTURA	ESP.(MILS)	m2/Gal	DILUC.	GAL	US\$/GL	Costo Total
		SECO		%VOL			US\$
1a.	Jet 62 ZP, rojo oxido	4.0	14	12	76	30.00	2,280.00
2a.	Bituflex 980, negro	4.0	15	12	70	25.00	1,750.00
3a.	Ocean Jet Antifouling	5.0	11	12	95	88.00	8,360.00
	TOTAL	13.0			241		12,390.00

FUENTE: ELABORADO POR EL AUTOR

Sistema de pintado de obra muerta cuya área aproximada es 220 m²

TABLA 34

COSTO DEL AREA NO SUMERGIDA

CAPAS	PINTURA	ESP.(MILS)	m2/Gal	DILUC.	GAL	US\$/GL	Costo Total
		SECO		%VOL			US\$
1a.	Jet 62 ZP, rojo oxido	4.0	14	12	16	30.00	480.00
2a.	Bituflex 980, negro	4.0	15	12	15	25.00	375.00
	TOTAL	8.0			31		855.00

FUENTE: ELABORADO POR EL AUTOR

Sistema de pintado de la cubierta cuya área aproximada es 825 m2.

TABLA 35

COSTO PINTADO AREA DE LA CUBIERTA

CAPAS	PINTURA	ESP.(MILS)	m2/Gal	DILUC.	GAL	US\$/GL	Costo Total
		SECO		%VOL			US\$
1a.	Jet 62 ZP, oxido	4.0	14	12	60	30.00	1800.00
2a.	Jet 70 MP, gris	4.0	15	12	56	36.00	2016.00
	TOTAL	8.0			116		3816.00

FUENTE: ELABORADO POR EL AUTOR

Sistema de pintado del área interior cuya área aproximada es 3740 m2

TABLA 36

COSTO AREA INTERIOR DE LA BARCAZA

CAPAS	PINTURA	ESP.(MILS)	m2/Gal	DILUC.	GAL	US\$/GL	Costo Total
		SECO		%VOL			US\$
1a.	Jet 62 ZP, oxido	4.0	14	12	268	30.00	8040.00
2a.	Jet 70 MP, gris	4.0	15	12	250	36.00	9000.00
	TOTAL	8.0			518		17040.00

FUENTE: ELABORADO POR EL AUTOR

TABLA 37

COSTO DE LOS SOLVETES

SOLVENTES		GALONES	US\$/GL	TOTAL
UNIPOXICO		185	15.00	2775.00
	TOTAL			2775.00

FUENTE: CPPQ

TABLA 38

COSTO TOTAL DEL ACABADO SUPERFICIAL

SUB - TOTAL US \$	36876.00
DESCUENTO ESPECIAL DE 20%	7375.20
SUB - TOTAL US \$	29500.80
MÁS 18 % DE IGV.	5310.14
PERCEPCION 2%	643.83
TOTAL US\$	35454.77

FUENTE: ELABORADO POR EL AUTOR

6.1.6. ESTADIA DE PERSONAL

TABLA 39

COSTO DE ESTADIA DE PERSONAL

Estadía y pasajes a lugar de obra	Cant.	Días	Flete	Hotel	Costo \$	T.C	Costo S/
Personal Maniobrista	14	90	1,876	18,876.4	20,752.4	3.47	72,010.84
Personal calderero Soldador, montajista	11	90	1,474	14,831.5	16,305.5	3.47	56,579.95
Personal Administrativo Ingeniero Residente, Seguridad	3	90	402	4,044.9	4,446.9	3.47	15,430.90
TOTAL					41,504.8	3.47	144,021.69

FUENTE: ELABORADO POR EL AUTOR

6.1.7. COSTO TOTAL PRESUPUESTADO DE LA EMBARCACION.

El precio aproximado de construcción de la barcaza constituida por dos cascos y unida entre sí por una viga unión, cuya función es el de trasladar a una grúa con pilotes y realizar sus maniobras de operación la cual se encuentra especificado en el siguiente cuadro.

TABLA 40

PRESUPUESTO TOTAL DE LA BARCAZA

PRESUPUESTO GENERAL	SOLES
Costo de Materiales	646,054.97
Costo de Flete	28,967.56
Costo de Tramite de Capitanía	67,231.25
Costo de Diseño e Ingeniería	34,700
Costo de Acabado Superficial	123,028.10
Estadía de Personal	144,021.69
SUBTOTAL	914,578.81
IGV 18%	164,624.18
TOTAL	1'079,203

FUENTE: ELABORADO POR EL AUTOR

El presupuesto total del proyecto es la suma de los subtotales de los anteriores resultados. En la tabla 23 se muestra el resumen total de los gastos.

EL PRESENTE PRESUPUESTO GENERAL ASCIENDE A UN MILLON SETENTA Y NUEVE MIL DOSCIENTOS TRES NUEVOS SOLES (S/. 1'079,203).

CONCLUSIONES

1. Se logró ratificar una información efectuada en los primeros párrafos de la estabilidad que consta de una estructura metálica de 150 toneladas más una carga neta de 385 toneladas alcanzando valores de escoramiento de: 0° , 0.42° , 1.15° mínimos a los permitidos, y asientos de: 0.76° , 0.43° , 0.77° . cuando este está sometido a diferentes fuerzas externas, como podría ser la carga/descarga de una carga con un elevado peso.
2. Después de la carga total que soportara la barcaza, la altura metacéntrica inicial es de 108 metros, pasó a ser de 38.149 metros, en su condición más crítica de maniobra. En la cual cumple con las normas nacionales y con el código de estabilidad sin averías de la O.M.I
3. El cálculo estructural de acuerdo con la norma ABS permite aseverar que la barcaza cumple con la resistencia requerida.
4. La barcaza posee mejoras en cuanto al diseño de otras existentes en el mercado, el sistema que posee dos cascos unidas por un cajón-viga permite tener una mayor manga permitiendo ser más estable.
5. En base al factor de seguridad ($FS=1.55$) utilizado se concluye que los materiales empleados en el diseño del sistema estructural pueden soportar cargas mayores a las consideradas en el diseño por lo cual la barcaza podrá funcionar con una carga superior a la establecida como máxima.
6. El costo total de fabricación de la barcaza será aproximadamente 1'079,203 nuevos soles.

RECOMENDACIONES

- 1.** Aunque se ha avanzado mucho en la estabilidad, se recomienda realizar un análisis de estabilidad dinámica para entender con mayor exactitud su comportamiento.
- 2.** Si bien la grúa de grandes dimensiones en contacto con la plataforma y el elevado peso autopropulsado, es decir dotada de su propio sistema de tracción accionado por un motor, generara vibraciones por lo cual se recomienda realizar un análisis vibracional para tener en cuenta este punto importante.
- 3.** Si bien el trabajo realizado no contempla un plan de mantenimiento preventivo, es necesario abarcar este tipo de trabajos para evitar el deterioro y principalmente la corrosión.
- 4.** Se recomienda realizar un análisis de esfuerzo torsional, en el momento en que la grúa realiza el giro, cuyo estudio no fue tomado en cuenta para este trabajo.

BIBLIOGRAFIA

TEXTOS

1. ANTONIO BONILLA DE LA CORTE, (1998), TEORIA DEL BUQUE – CONCEPTOS BÁSICOS, Perú
2. ROBERT L. MOTT, (2006), MECANICA DE FLUIDOS.
3. RICARDO MARTIN DOMINGUEZ. (1969.), CALCULO DE ESTRUCTURAS EN BUQUES, Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú.
4. CARLOS PALO FORCANO, (2014) ANALISIS DE ESTABILIDAD DE UN BUQUE DURANTE LA OPERACIÓN DE DESCARGA DE UNA CARGA PESADA, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona
5. ABS, STEEL VESSELS FOR SERVICE ON RIVERS AND INTRACOASTAL WATERWAYS 2007. New York. 1983.
6. Norma DIN 24334 y DIN 2413.
7. ANTONIO GRANDA VALENCIA. (2005.), MODIFICACION DE UN BUQUE PESQUERO PARA CUMPLIR CON LAS NORMAS DE SEGURIDAD, Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú.
8. MERLE C. POTTER. MECANICA DE FLUIDOS (Cuarta Edición)
9. JAMES M. GERE. MECANICA DE MATERIALES (Octava Edición)
10. EDWARD J., Diseño de Ingeniería Mecánica, McGraw Hill, 1990.
11. MANDELLI A., Elementos de Arquitectura Naval, Editorial Alsina, Buenos Aires, 1960.

CATALOGOS

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

WEB

- <http://www.gl-group.com/en/index.php>
- <http://www.algor.com/>
- <http://www.team-twg.com/es/pullmaster/default.htm>
- <http://www.nafems.org/publications/benchmark/>
- <http://estabilidaddelbuque2.blogspot.com/2012/01/esfuerzos-sobre-el-buque.html>
- <https://gruasytransportes.wordpress.com/tag/grua-sobre-barcaza/>

APENDICE

ANEXO A

Anexo A-1. Materiales que constituyen la estructura

ITEM	DESCRIPCION	ESPECIFICACIONES	PESO UNITARIO (KG)	CANTIDAD	PESO TOTAL (KG)
1	CASCO				
	CASCO DE FONDO	PL ASTM A131 8X2400X12000	1810.94	8	14487.5
	CASCO COSTADOS BR,ER	PL ASTM A131 8X2400X12000	1810.94	4	7243.76
	CASCO DE RAMPA	PL ASTM A131 8X2400X12000	1810.94	3	5432.82
	CASCO PANTOQUE	PL ASTM A131 8X2400X12000	1810.94	5	9054.7
	CASCO ESPEJOS PR y PP	PL ASTM A131 8X2400X12000	1810.94	2	3621.88
2	CASCO PRINCIPAL				
	CASCO DE MANIOBRA	PL ASTM A131 12.5X2400X12000	2829.6	4	11318.4
	CASCO BR, ER	PL ASTM A131 8X2400X12000	1810.94	5	9054.7
3	VIGA UNION	PL ASTM A131 12.5X2400X12000	2829.6	3	8488.8
4	MAMPARO				
	TRANSVERSAL	PL ASTM A131 5X2400X12000	1131.84	7	7922.88
	LONGITUDINAL	PL ASTM A131 5X2400X12000	1131.84	7	7922.88
5	ELEM. ESTRUCTURALES				
	ESLORAS,VAGRAS	PL ASTM A131 8X2400X12000	1810.94	5	9054.7
	CUADERNAS, ANGULOS				
	PANTOQUES, CARTELAS				
	PUNTALES	PL ASTM A53 Sch 40	1728.6	18	31114.8
	ANGULOS	ASTM A 36 76X76X6.4	931.2	25	23280
6	OXICORTE				
	OXIGENO		1 m3	130	130
	ACETILENO		1 KG	95	95
7	ELECTRODOS				
	CELLOCOR AP OVERCORD S	AWS/ASME: E 6011/E 6013	1	130	130
	SUPERCITO	AWS/ASME: E 7013	1	70	70
TOTAL					148423

Anexo A-2. Metrado general de la estructura.

ELEMENTOS ESTRUCTURALES	ESPECIFICACIONES	AREA (mm2)	ESPESOR (mm)	PU	CANTIDAD	TOTAL (KG)
LONGITUDINALES						
T ESLORA CENTRAL	PL ASTM A131 8X240x5995 9.5x120x5795	3060	5945	142.99	8	1143.89
T ESLORA INTERMEDIO	PL ASTM A131 8X240x5795 9.5x120x5796	3060	5745	138.18	8	1105.41
T ESLORA PIQUES	PL ASTM A131 6.4X240x5995 6.4x80x5797	3060	3148	75.71	8	605.72
T VAGRA CENTRAL	PL ASTM A131 6.4X190x5995 6.4x100x5795	1856	5945	86.73	8	693.81
T VAGRA INTERMEDIO	PL ASTM A131 6.4X190x5995 6.4x100x5795	1856	5745	83.81	8	670.47
T VAGRA PIQUES	PL ASTM A131 6.4X240x5795 6.4x80x5800	1856	2983	43.52	8	348.13
ANGULO L	ASTM A 36 76x76x6000	948.14	29723	221.51	30	6645.21
						11212.65

REF MAMPARO LONG						
REF MAMPARO LONG VERTICAL	PL ASTM A131 6.4X190x1326 6.4x100x1326	1856	1354.1	19.75	20	395.08
NR MAMPARO LONG VERTICAL	PL ASTM A131 6.4X190x1326 6.4x80x1327	1728	1354.1	18.39	6	110.35
REF ANGULO VERTICAL	PL ASTM A36 6.4X76X76	948.14	909	6.77	4	27.10
REFZ. ANGULO HORIZONTAL	PL ASTM A36 6.4X76X76	948.14	2800	20.87	3	62.60
REFZ. ANGULO CASCO Er y Br	PL ASTM A36 6.4X76X76	948.14	2800	20.87	6	125.20
						720.32

REF MAMPARO TRANS						
REF MAMPARO VERTICAL	PL ASTM A131 6.4X190x1326 6.4x100x1327	1856	1367	19.94	20	398.84
REF MAMPARO LONG VERTICAL	PL ASTM A36 6.4X76X76	948.14	1602	11.94	60	716.32
TERMINAL ESPEJO PP Y PR	PL ASTM A36 6.4X76X76	108666.6	6.4	5.47	24	131.19
						1246.36

TRANSVERSALES						
ALMA BAO CENTRAL RFZ	PL ASTM A131 8X240X1654	377655.3	8	23.75	40	949.88
ALMA BAO INTERM. RFZ	PL ASTM A131 8X240X1657	377552	8	23.74	40	949.62
ALMA BAO LATERAL RFZ	PL ASTM A131 8X240X1670	381813.8	8	24.01	40	960.34
ALA BAO CENTRAL RFZ	PL ASTM A131 9.5X120X1598	191760	9.5	14.32	40	572.75
ALA BAO INTERM. RFZ	PL ASTM A131 9.5X120X1544	185280	9.5	13.83	40	553.39
ALA BAO LATERAL RFZ	PL ASTM A131 9.5X120X1590	190800	9.5	14.25	40	569.88
ALMA BAO CENTRAL. NR	PL ASTM A131 6.4X240X1654	377655.3	6.4	19.00	8	151.98
ALMA BAO INTERM. NR	PL ASTM A131 6.4X240X1657	377552	6.4	18.99	8	151.94
ALMA BAO LATERAL. NR	PL ASTM A131 6.4X240X1670	381813.8	6.4	19.21	8	153.65
ALA BAO CENTRAL. NR	PL ASTM A131 6.4X80X1598	127840	6.4	6.43	8	51.45
ALA BAO INTERMEDIO NR	PL ASTM A131 6.4X80X1544	123520	6.4	6.21	8	49.71
ALA BAO LATERAL. NR	PL ASTM A131 6.4X80X1590	127200	6.4	6.40	8	51.19
ALMA BAO CENTRAL. PIQUE	PL ASTM A131 6.4X240X1475	335026.7	6.4	16.85	4	67.41
ALMA BAO INTERMEDIO PIQUE	PL ASTM A131 6.4X240X1475	335026.7	6.4	16.85	4	67.41
ALMA BAO LATERAL. PIQUE	PL ASTM A131 6.4X240X1475	335026.7	6.4	16.85	4	67.41
ALA BAO CENTRAL. PIQUE	PL ASTM A131 6.4X80X1416	113280	6.4	5.70	4	22.79
ALA BAO INTERMEDIO PIQUE	PL ASTM A131 6.4X80X1416	113280	6.4	5.70	4	22.79
ALA BAO LATERAL PIQUE	PL ASTM A131 6.4X80X1416	113280	6.4	5.70	4	22.79
ALMA VARENGA CENTRAL	PL ASTM A131 6.4X190X1655	295694.3	6.4	14.87	52	773.48
ALMA VARENGA LATERAL	PL ASTM A131 6.4X190X1659	295111.6	6.4	14.85	52	771.96
ALA VARENGA CENTRAL	PL ASTM A131 6.4X100X1582	158200	6.4	7.96	52	413.82
ALA VARENGA LATERAL	PL ASTM A131 6.4X100X1566	158200	6.4	7.96	52	413.82
ALMA DE PANTOQUE RFZ	PL ASTM A131 6.4X190	472511.4	6.4	23.77	40	950.77
ALA DE PANTOQUE RFZ	PL ASTM A131 6.4X100	250900	6.4	12.62	40	504.85
ALMA DE PANTOQUE NR	PL ASTM A131 6.4X190	472511.4	6.4	23.77	8	190.15
ALA DE PANTOQUE NR	PL ASTM A131 6.4X80	202400	6.4	10.18	8	81.45
ALMA DE PANTOQUE PIQUE NR	PL ASTM A131 6.4X190	472511.4	6.4	23.77	4	95.08
ALA DE PANTOQUE PIQUE NR	PL ASTM A131 6.4X80	151360	6.4	7.61	4	30.46
						9662.23

CARTELAS						
CARTELA TRIANGULAR	PL ASTM A131 6.4X100x150	8555.642	6.4	0.4	192	82.6
CARTELA TRIANGULAR DE TRASLAPE	PL ASTM A131 6.4X275x275	8555.642	6.4	0.4	110	47.3
CARTELA TRIANGULAR	PL ASTM A131 6.4X250x250	36480.64	6.4	1.8	36	66.1
CARTELA	PL ASTM A131 6.4X150x500	49353.79	6.4	2.5	15	37.2
CARTELA	PL ASTM A131 6.4x150x510	56833.61	6.4	2.9	20	57.2
CARTELA	PL ASTM A131 6.4x200x150	18884.12	6.4	0.9	35	33.2
CARTELA TRIANGULAR	PL ASTM A131 8x150x200	17018.39	8	1.1	640	684.9
CARTELA TRIANGULAR	PL ASTM A131 8x250x250	36480.64	8	2.3	120	275.3
MANHOLE	PL ASTM A131	320931.5	6.4	16.1	12	193.7
PIEZAS APOYO	PL ASTM A131 190X794	149421.6	6.4	7.5	2	15.0
						1492.61

casco						
Casco Vertical Er. Br.	PL ASTM A131	27488597	8	1728.5	2	3457.0
Cubierta delgada Er y br	PL ASTM A131	2.1E+08	6.4	10587.0	1	10587.0
Mamparos transversal	PL ASTM A131	17725310	5	696.6	5	3483.0
Mamparos longitudinales	PL ASTM A131	50100000	6.4	2520.2	1	2520.2
Pantoque Br., Estribor.	PL ASTM A131	30159289	8	1896.4	2	3792.8
Fondo	PL ASTM A131	2.02E+08	8	12676.6	1	12676.6
Desarrollo pantoque de pique	PL ASTM A131	2862557	8	180.0	4	720.0
Rampa	PL ASTM A131	27464275	8	1727.0	2	3453.9
Espejo proa y popa	PL ASTM A131	4497419	8	282.8	2	565.6
						41256.1

puntales y componentes						
		area seccion	kg/mm	altura	cant	Psub total
puntales de 4" diámetro	PL ASTM A53 Sch 40		0.01606	1345	80	1728.06
puntales de 3" diámetro	PL ASTM A53 Sch 40		0.01128	1345	24	364.12
Berduquete tubo de 3"Sch40	PL ASTM A53 Sch 40		0.01128	80000	1	902.4
Bitas Tubo de 6 "Sch 80	PL ASTM A53 Sch 40					255.12
Bitas tubo de 5 "Sch 80	PL ASTM A53 Sch 40					185.22
disco diámetro	PL ASTM A131 8x145	16513	8	1.0	208	216.0
SUB TOTAL						3650.89

casco de amarre						
plancha cubierta maniobra grúa	PL ASTM A131	86840000	12.7	8668.5	1	8668.5
cartelas de vigas de amarre	PL ASTM A131	45712.05	6.4	2.3	40	92.0
plancha de amarre sup, inf	PL ASTM A131	320000	12.7	31.9	10	319.4
plancha de amarre der,izq	PL ASTM A131	800000	12.7	79.9	10	798.6
SUB TOTAL						9878.5

PESO/CASC	CANTIDAD	SUBTOTAL	PL. CASCO	TOTAL
69241.2	2	138482.39	9878.5	148360.92

ANEXO B

ANEXO B-1 Calculo de los parámetros importantes de la estabilidad

barcaza	ESLORA	MANGA	PUNTAL
	30	20.8	1.8

barcaza	ESLORA	MANGA	PUNTAL
	30	20.8	1.8

+

DATOS solidworks

Δ (tn)	CALADO(m)	KB O VCB	IXX	IYY	KMit	KG	KMt(m)	KML	GMit (m)	GML	KML(m)	TCP (tm/cm)	MTC (tm/cm)
43.24	0.1	0.05	14360.16	23370.69	332.10	0.95	332.15	540.5	331.2	539.5	541.4	4.324	7.776537333
89.26	0.2	0.1	15272.07	25054.58	171.10	0.9	171.20	280.7	170.2	279.8	281.6	4.463	8.324748667
137.26	0.3	0.15	15995.23	26696.36	116.53	0.85	116.68	194.5	115.7	193.6	195.3	4.575333333	8.859896333
186.92	0.4	0.21	16605.30	28337.02	88.84	0.79	89.05	151.6	88.0	150.8	152.4	4.673	9.396451067
240.44	0.5	0.26	17130.37	29991.46	71.25	0.74	71.51	124.7	70.5	124.0	125.5	4.8088	9.9378448
290.44	0.6	0.31	17583.42	31666.17	60.54	0.69	60.85	109.0	59.9	108.3	109.7	4.840666667	10.4885888
344	0.7	0.36	17970.55	33363.74	52.24	0.64	52.60	97.0	51.6	96.3	97.6	4.914285714	11.04786
398.56	0.8	0.42	18294.46	35085.33	45.90	0.58	46.32	88.0	45.3	87.5	88.6	4.982	11.61805507
454.06	0.9	0.47	18584.60	36843.75	40.93	0.53	41.40	81.1	40.4	80.6	81.7	5.045111111	12.20103273
510.42	1	0.52	18871.13	38654.05	36.97	0.48	37.49	75.7	36.5	75.2	76.2	5.1042	12.80301613
567.66	1.1	0.58	19154.03	40516.58	33.74	0.42	34.32	71.4	33.3	71.0	71.8	5.160545455	13.42605427
625.66	1.2	0.63	19433.40	42431.89	31.06	0.37	31.69	67.8	30.7	67.4	68.2	5.213833333	14.0667986
684.72	1.3	0.68	19709.09	44400.05	28.78	0.32	29.46	64.8	28.5	64.5	65.2	5.267076923	14.72697987
744.16	1.4	0.74	19728.45	44446.51	26.51	0.26	27.25	59.7	26.3	59.5	60.0	5.315428571	14.75100947
803.6	1.5	0.79	19735.99	44464.56	24.56	0.21	25.35	55.3	24.3	55.1	55.5	5.357333333	14.765268
863.06	1.6	0.84	19737.93	44469.26	22.87	0.16	23.71	51.5	22.7	51.4	51.7	5.394125	14.7770568
922.52	1.7	0.89	19738.01	44469.45	21.40	0.11	22.29	48.2	21.3	48.1	48.3	5.426588235	14.78932427
981.98	1.8	0.95	19738.01	44469.45	20.10	0.05	21.05	45.3	20.1	45.2	45.3	5.455444444	14.80678367

Anexo B-2 Principales propiedades de la Hidrostática

CALADO (m)	VOLUMEN (m ³)	LCB (m)	VCB (m)	LCF (m)	TPC (TM/cm)	MTC (m)	KML (m)	KMT (m)
0.05	21.113	15.000f	0.025	15.000f	4.335	370.26	1004.70	734.84
0.10	43.175	15.000f	0.051	15.000f	4.483	389.92	517.40	375.07
0.15	65.892	15.000f	0.076	15.000f	4.604	407.71	354.49	254.16
0.20	89.167	15.000f	0.102	15.000f	4.705	424.18	272.54	182.96
0.25	112.935	15.000f	0.128	15.000f	4.800	440.46	223.44	156.18
0.30	137.146	15.000f	0.154	15.000f	4.885	456.23	190.58	131.41
0.35	161.778	15.000f	0.180	15.000f	4.965	471.92	167.12	113.65
0.40	186.790	15.000f	0.206	15.000f	5.039	487.34	149.47	100.21
0.45	212.170	15.000f	0.232	15.000f	5.111	502.86	135.78	89.73
0.50	237.887	15.000f	0.259	15.000f	5.176	518.10	124.77	81.24
0.55	263.929	15.000f	0.285	15.000f	5.241	533.59	115.82	74.32
0.60	290.277	15.000f	0.311	15.000f	5.297	548.63	108.28	68.42
0.65	316.906	15.000f	0.338	15.000f	5.354	564.10	101.98	63.39
0.70	343.813	15.000f	0.364	15.000f	5.407	579.40	96.55	59.09
0.75	370.968	15.000f	0.390	15.000f	5.455	594.52	91.81	55.33
0.80	398.365	15.000f	0.417	15.000f	5.504	609.86	87.71	52.04
0.85	425.994	15.000f	0.443	15.000f	5.548	625.18	84.08	49.11
0.90	453.845	15.000f	0.470	15.000f	5.592	640.69	80.88	46.51
0.95	481.917	15.000f	0.496	15.000f	5.636	656.40	78.03	44.20
1.00	510.208	15.000f	0.523	15.000f	5.680	672.33	75.49	42.12
1.05	538.718	15.000f	0.549	15.000f	5.724	688.50	73.22	40.24
1.10	567.447	15.000f	0.576	15.000f	5.767	704.91	71.17	38.55
1.15	596.393	15.000f	0.603	15.000f	5.811	721.46	69.30	37.00
1.20	625.555	15.000f	0.629	15.000f	5.854	738.27	67.61	35.58
1.25	654.932	15.000f	0.656	15.000f	5.897	755.35	66.07	34.28
1.30	684.523	15.000f	0.683	15.000f	5.939	772.50	64.65	33.08
1.35	714.227	15.000f	0.710	15.001f	5.942	774.21	62.10	31.78
1.40	743.941	15.000f	0.736	15.001f	5.943	775.52	59.72	30.58
1.45	773.661	15.000f	0.763	15.001f	5.944	776.63	57.51	29.46
1.50	803.384	15.000f	0.789	15.001f	5.945	777.62	55.45	28.43
1.55	833.110	15.000f	0.815	15.001f	5.945	778.53	53.54	27.47
1.60	862.837	15.000f	0.841	15.001f	5.945	779.40	51.75	26.58
1.65	892.565	15.000f	0.868	15.001f	5.946	780.27	50.08	25.75
1.70	922.293	15.000f	0.894	15.001f	5.946	781.15	48.52	24.97
1.75	952.021	15.000f	0.920	15.001f	5.946	782.06	47.06	24.25

LCB	Posición Longitudinal del Centro de Boyantéz
VCB	Posición Vertical de Centro de Boyantéz
LCF	Posición Longitudinal del Centro de Flotación
TPC	Toneladas por centímetro de Inmersión
MTC	Momento para trimar un centímetro
KML	Posición Vertical del Metacentro Longitudinal

Anexo B-3 Tabla de Lectura de los Asientos

Posición inicial	LCG	TCG	VCG
Grúa Principal QUY 100	15 m	5.37	4.2

Δ (Barcaza y Grúa)	320	TM	grúa +barcaza + pilote
VCG (BARC y GRUA)	3.47	m	Estimado

LCG	CENTRO LONGITUDINAL DE GRAVEDAD DESDE LA CD. 0
VCG	CENTRO VERTICAL DE GRAVEDAD DESDE LA LINEA DE BASE
TCG	CENTRO TRANSVERSAL DE GRAVEDAD DESDE LA LINEA DE CRUJIA
ϕ	ANGULO DE LA PLUMA RESPECTO A LA LINEA DE CRUGIA
TPC	TONELADAS POR CENTIMETRO DE INMERSION
MTC	MOMENTO PARA TRIMAR UN CENTIMETRO
GML	ALTURA METACENTRICA LONGITUDINAL
GMT	ALTURA METACENTRICA TRANSVERSAL
α	ANGULO DE ASIENTO
θ	ANGULO DE ESCORA

ϕ	TPC	MTC	GML	GMT	α (PROA)	θ (BABOR)
0	4.32	7.78	539.54	331.15	0.84	3.19
5	4.46	8.32	279.79	170.20	0.84	3.27
10	4.58	8.86	193.64	115.68	0.83	3.34
15	4.67	9.40	150.81	88.05	0.82	3.41
20	4.81	9.94	124.00	70.51	0.79	3.48
25	4.84	10.49	108.34	59.85	0.77	3.55
30	4.91	11.05	96.35	51.60	0.73	3.62
35	4.98	11.62	87.45	45.32	0.69	3.68
40	5.05	12.20	80.61	40.40	0.65	3.74
45	5.10	12.80	75.25	36.49	0.60	3.79
50	5.16	13.43	70.95	33.32	0.54	3.84
55	5.21	14.07	67.45	30.69	0.48	3.88
60	5.27	14.73	64.52	28.46	0.42	3.92
65	5.32	14.75	59.47	26.25	0.36	3.96
70	5.36	14.77	55.12	24.35	0.29	3.98
75	5.39	14.78	51.37	22.71	0.22	4.01
80	5.43	14.79	48.09	21.29	0.15	4.02
85	5.46	14.81	45.24	20.05	0.07	4.03
90	5.44	14.80	42.23	19.22	0.00	4.04

ANEXO C

Anexo C-1. Espesores del casco en General

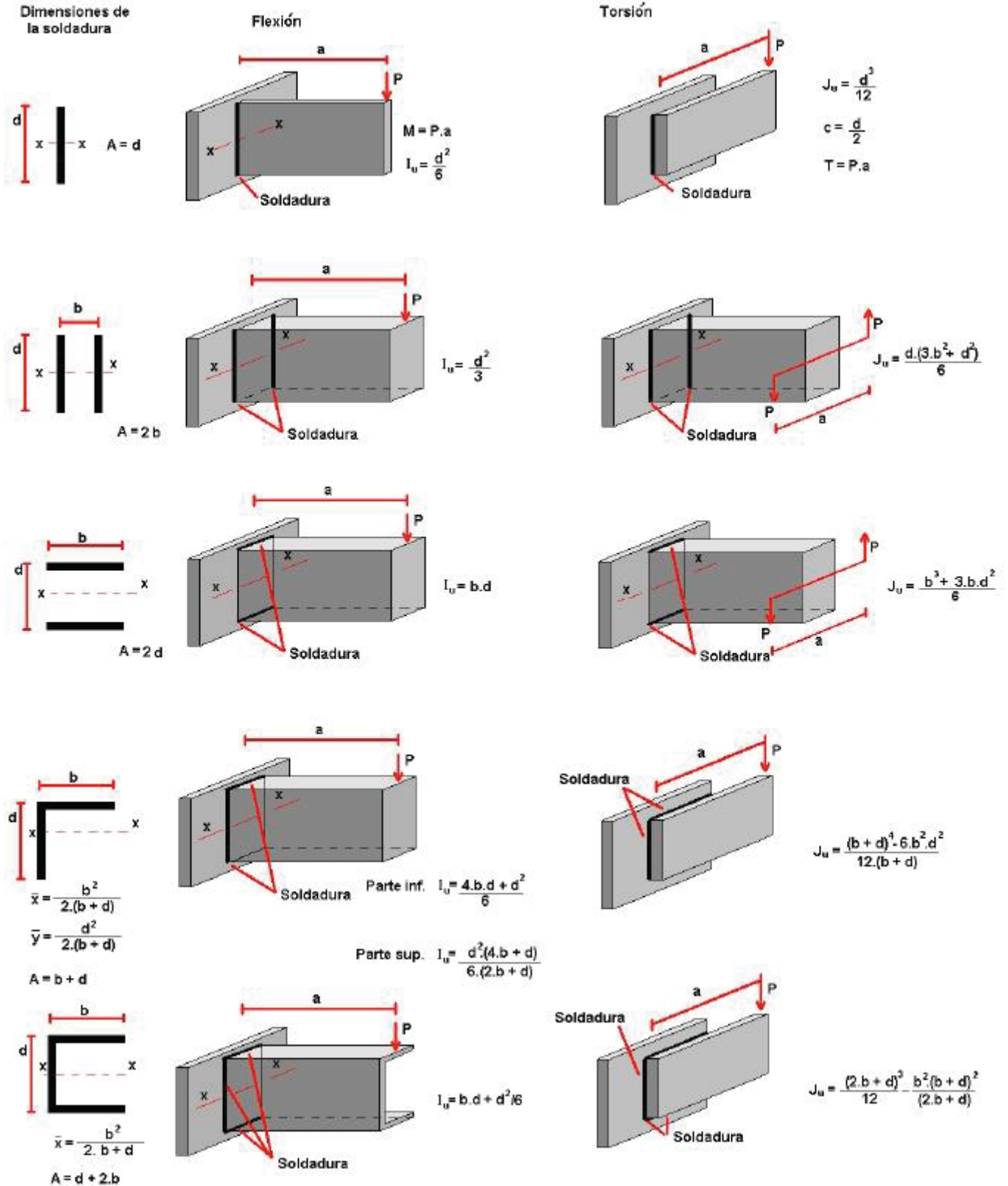
PLANCHAJE DE CASCO	ESPEORES
Plancha de Cubierta	6.4 mm
Plancha Cubierta Zona de Grúa	12.7 mm
Plancha de Costado	8.0 mm
Plancha de Pantoque	8.0 mm
Plancha de Fondo	8.0 mm
Plancha de Mamparo	5.0 mm

Anexo C-2. Perfiles seleccionados para este trabajo.

PERFILES ESTRUCTURALES	MEDIDAS
Longitud Cubierta	< 3"x3"x1/4"
Longitud Cubierta (grúa)	< 3"x3"x1/4"
Longitud costado	< 3"x3"x1/4"
Longitud Fondo	< 3"x3"x1/4"
Bao Reforzado	"Perfil T" 240x6.4 - 80x6.4
Bao Reforzado (zona de grúa)	"Perfil T" 240x8.0 - 120x9.5
Cuadernas Reforzada	"Perfil T" 190x6.4 - 100x6.4
Varenga Reforzada	"Perfil T" 190x6.4 - 100x6.4
Eslora	"Perfil T" 240x8.0 - 120x9.5
Vagra	"Perfil T" 190x8.0 - 100x6.4
Refuerzos Mamparo	< 3"x3"x1/4"
Puntal	Tubo de Ø 4" sch. 40

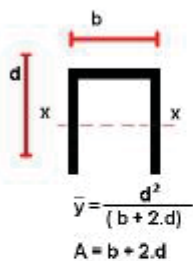
ANEXO D

Anexo D-1. Perfiles de soldadura a considerar

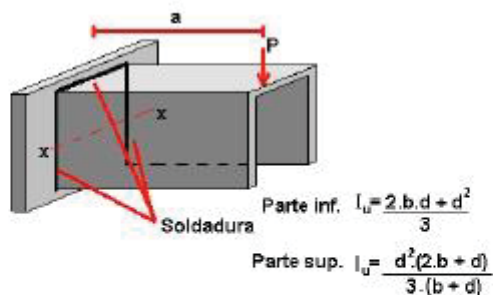


Anexo D-1. Perfiles de soldadura a considerar

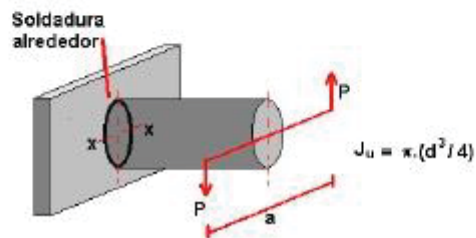
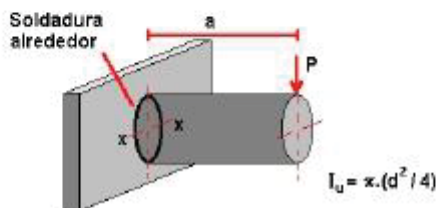
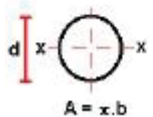
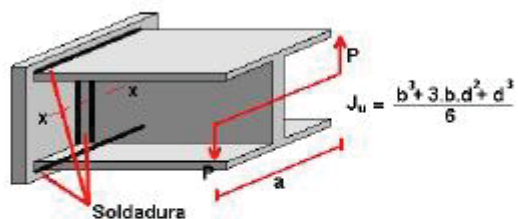
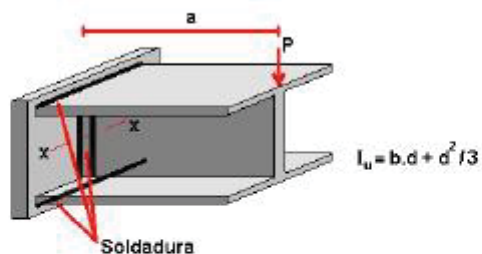
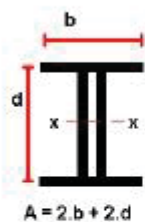
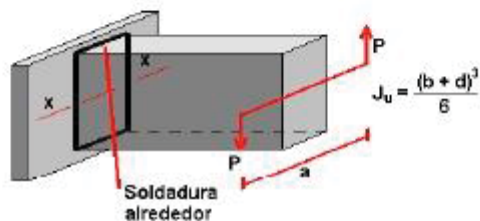
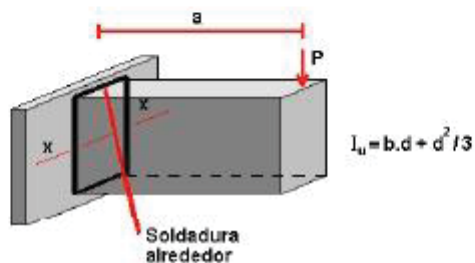
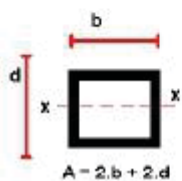
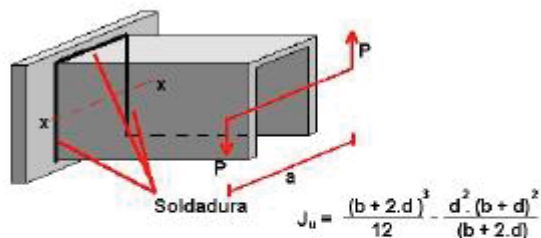
Dimensiones de la soldadura



Flexión



Torsión



PLANOS