



**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar**

**“Diseño Preliminar de un Remolcador Prototipo para la Armada Nacional”**

**TESIS DE GRADO**

Previa a la obtención del Título de:

**INGENIERO NAVAL**

Presentada por:

**Kléber Jacinto Gutiérrez Wilson**

**Guayaquil – Ecuador**

**2003**

## AGRADECIMIENTO

Al Ing. Cristóbal Mariscal D., que gracias a su paciencia, apoyo incondicional y confianza en mí, este trabajo pudo llegar a su fin.

A ASTINAVE, por todas las facilidades que me brindaron para la elaboración de esta tesis.

# DEDICATORIA

A MI PADRE

A MI ESPOSA

A MIS HIJAS

## DECLARACION EXPRESA

“La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis, corresponden exclusivamente a su autor, y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado corresponderá a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

---

Kléber Gutiérrez Wilson

## **TRIBUNAL DE GRADUACION**

---

Ing. Bolívar Vaca Romo  
Presidente del Tribunal

---

Ing. Cristóbal Mariscal Díaz  
Director de Tesis

---

Ing. Washington Martínez García  
VOCAL

---

Ph.D. José Marín López  
VOCAL

## RESUMEN

Se ha diseñado un remolcador prototipo tomando en consideración las necesidades actuales de la flota naval, mejorando las características de los actuales. Para tal efecto se ha realizado una descripción completa de los tipos de remolcadores que posee la Armada, con lo cual se analizó una serie de fallas que presentan cada una de estas embarcaciones, así como también sus restricciones y limitaciones en el desarrollo de sus operaciones de trabajo. Luego del análisis comparativo de las características técnicas y operacionales de los remolcadores actuales y con la ayuda de las ecuaciones de regresión [13], hemos definido y seleccionado las características ideales de nuestro remolcador prototipo. Luego se empleó el programa Auto Ship para diseñar líneas de formas, curvas hidrostáticas, análisis de estabilidad, cálculos de resistencia y sistema propulsor; también se realizaron procedimientos tradicionales para complementar estos cálculos. Se presenta una distribución general teniendo como guía otros modelos de embarcaciones de este tipo y siempre acogiéndonos a las reglas internacionales, además se realizaron los cálculos estructurales empleando las reglas ABS y una descripción de las protecciones a utilizar como son los ánodos y pinturas. Finalmente se presenta el presupuesto con que debe contar la Armada para la construcción del remolcador, así como también la planificación que nos servirá como guía tentativa de cuanto tiempo empleará cada actividad en la construcción del remolcador.

## INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	I
INDICE GENERAL.....	II
ABREVIATURAS.....	V
INDICE DE FIGURAS.....	VII
INDICE DE TABLAS .....	VIII
INTRODUCCION.....	1
CAPITULO 1	
1. GENERALIDADES.....	2
1.1 Requerimientos Actuales de un Remolcador en la Armada.....	2
1.2 Remolcador de puerto.....	3
1.3 Descripción del grupo de Remolcadores Existentes en la Armada.....	5
1.3.1 Remolcador Sangay.....	5
1.3.2 Remolcador cotopaxi.....	6
1.3.3 Remolcador Illiniza.....	7
1.3.4 Remolcador Altar.....	8
1.4 Fallas Típicas y Restricciones de los Actuales Remolcadores.....	9
1.5 Descripción de los Buques de la Armada a ser Remolcados.....	11
CAPITULO 2	

2. ANALISIS COMPARATIVO DE LOS REMOLCADORES Y OBTENCION DEL REMOLCADOR PROTOTIPO.....	14
2.1 Análisis Comparativo de los Remolcadores.....	14
2.2 Selección de las Características Adecuadas para el Remolcador Prototipo.....	17
2.3 Conveniencias y Ventajas de nuestro Remolcador para la Armada.....	19
2.4 Breve Descripción del Programa Auto Ship.....	20
CAPITULO 3	
3. DISEÑO PRELIMINAR DEL REMOLCADOR.....	24
3.1 Obtención de las Líneas de Formas.....	24
3.2 Curvas Hidrostáticas.....	25
3.3 Distribución General.....	26
3.4 Análisis de Estabilidad Preliminar.....	29
3.5 Cálculo Estructural.....	30
3.6 Cálculo de Resistencia y del Sistema de Propulsión.....	30
3.6.1 Cálculo de Poder.....	31
3.6.2 Cálculo del Propulsor.....	37
3.6.3 Cálculo del Eje Propulsor.....	40
3.6.4 Cálculo del Sistema de Gobierno.....	41
3.7 Circuitos.....	42
3.8 Protección Catódica.....	47
3.8.1 Sistema de Protección Catódica.....	47



3.8.2 Sistema de Aplicación de Pinturas.....	51
CAPITULO 4	
4. PRESUPUESTO Y PLANIFICACION .....	54
4.1 Presupuesto.....	54
4.2 Planificación.....	58
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	60
ANEXOS	
BIBLIOGRAFIA	

## A B R E V I A T U R A S

Awp	Area del plano de agua
B	Manga del semicasco
BAE	Buque de la Armada del Ecuador
BHP	Potencia al freno
BML	Distancia entre el metacentro y centro de boyantez longitudinal
Cb	Coeficiente de bloque
C <sub>f</sub>	Coeficiente friccional
CG	Centro de gravedad
C <sub>m</sub>	Coeficiente de la sección media
C <sub>s</sub>	Coeficiente estructural
Csm	Coeficiente de la sección media
C <sub>wp</sub>	Coeficiente de plano de agua
C <sub>p</sub>	Coeficiente prismático
C <sub>t</sub>	Coeficiente total
C.I.	Contraincendio
d	Diámetro del eje propulsor
D	Puntal
GM	Altura metacéntrica
GPM	Galones por minuto
GZ	Brazo de adrizamiento
h	Altura
H	Calado
hp	Caballos de fuerza
HF	Alta frecuencia
H/H	Cantidad de hombres horas
in	Pulgadas
KB	Posición vertical del centro de boyantez
KG	Posición vertical del centro de gravedad
KML	Altura del metacentro longitudinal
KMT	Altura del metacentro transversal
KW	Kilovatios
L	Eslora
LAD	Línea de agua de diseño
LCB	Posición longitudinal del centro de boyantez
LCF	Posición longitudinal del centro de flotación

LCG	Posición del centro de gravedad longitudinal
$L_{pp}$	Eslora entre perpendiculares
$L_w$	Eslora en línea de agua
MS	Módulo seccional (SM)
MT1	Momento para variar el asiento una pulgada
MV	Microvoltios
OMI	Organización Marítima Internacional
N	Número de revoluciones
P	Potencia
$P_e$	Potencia efectiva
PSI	Libras por pie cuadrado
P/D	Paso / Diámetro
Q	Caudal
r	Radio
RPM	Revoluciones por minutos
RT	Resistencia total
SHP	Potencia al eje
$S_m$	Superficie mojada
T	Calado
t	Espesor del estructural
TA/B	Turbo alimentado
TB	Tonelaje bruto
TN	Tonelaje neto
Ton	Toneladas
TP	Toneladas por centímetro de inmersión
V	Velocidad
VCB	Posición vertical del centro de boyantez
VHF	Muy alta frecuencia

## INDICE DE FIGURAS

	Pag.
# 1 Resistencia vs Velocidad.....	34
# 2 Potencia Efectiva vs Velocidad.....	36
# 3 Empuje y Resistencia vs Velocidad.....	39

## INDICE DE TABLAS

	Pag.
# 1	Caraterísticas de la Flota Naval..... 12
# 2	Resultados de las Ecuaciones de Regresión..... 18
# 3	Resistencia y Predicción del Poder..... 33
# 4	Resistencia Total..... 34
# 5	Poder Efectivo..... 35
# 6	Datos de Poder del Buque..... 38
# 7	Parámetros del Propulsor..... 40
# 8	Características del Timón..... 42
# 9	Circuito de Agua Dulce..... 46
# 10	Circuito de Combustible..... 46
# 11	Circuito de Achique y Contraincendio..... 47
# 12	Especificaciones y Tipos de Materiales..... 55
# 13	Equipos y Maquinaria en General..... 56
# 14	Resumen del Presupuesto..... 57
# 15	Cronograma de Actividades para la Construcción..... 59

## INTRODUCCION

Maniobras de remolque, atraque y desatraque de unidades navales de un considerable desplazamiento se las realiza frecuentemente con la ayuda de remolcadores, los que pueden ser del tipo Oceánico o de Puerto. Los primeros son usados para operaciones de remolque oceánico de larga distancia, rescate y salvataje. Normalmente son unidades mayores de 35 metros de eslora con más francobordo que el remolcador tipo costero y generalmente cuentan con mayor cantidad de equipos y maquinaria de remolque.

Los remolcadores de Puerto tienen un rango de 18 a 35 metros de eslora, se utilizan para maniobras en aguas restringidas ó en el área costera y tienen principalmente importancia en movimiento de barcasas, lanchones y en el atraque y desatraque de buques a muelle. Ambos tipos de remolcadores tienen la función principal de remolcar a otras unidades que por alguna causa no pueden o no se les permite maniobrar por sí solas. La Armada del Ecuador tiene dentro de su flota, remolcadores de altura (Oceánicos) y remolcadores de Puerto o para maniobras en aguas restringidas. Las actuales unidades de este último tipo de remolcador se les considera que han cumplido su ciclo operativo, ya que no pueden cumplir con las necesidades operacionales de la Institución; por lo que la presente tesis propone desarrollar en su inicio un análisis comparativo de remolcadores para obtener las características principales de lo que luego será, el diseño preliminar de un remolcador prototipo para la Armada.

# CAPITULO 1

## 1. GENERALIDADES.

### 1.1 REQUERIMIENTOS ACTUALES DE UN REMOLCADOR EN LA ARMADA.

La Armada del Ecuador tiene, dentro del grupo de sus buques auxiliares, remolcadores de Puerto que son generalmente utilizados para maniobras de atraque y desatraque a muelle, ingreso a Diques y maniobras de remolque de sus unidades de superficie y submarinas. Estos remolcadores son antiguos y sufren de muchas limitaciones, por lo que es necesario el diseño preliminar de un nuevo remolcador que supere dichas limitaciones.

El remolcador requerido será utilizado para maniobras de remolque, atraque y desatraque de los buques de guerra en el canal de entrada a Puerto Marítimo y en el Río Guayas, además cuando sea necesario prestará sus servicios en otras áreas de la costa ecuatoriana, por tal motivo el diseño del remolcador reunirá todas las condiciones para operar con eficiencia en los diferentes lugares antes mencionados.

Para las *maniobras de Atraque, Desatraque e ingreso a Diques*, el remolcador será diseñado con suficiente empuje estático para maniobrar con las unidades de superficie, submarinas y civiles, además deberá tener la forma y la adecuada disposición de su casco y superestructura, con el fin de realizar las maniobras de trabajo sin dificultad y peligro. Para las *maniobras de Remolque*, la embarcación deberá contar con los suficientes equipos de remolque para efectuar dichas maniobras con eficiencia.

Para seguridad de las maniobras antes indicadas, la embarcación deberá contar con suficientes bitas de amarre resistentes a las tensiones a que estarán sometidas y algo muy importante deberá contar con un gancho de escape para el sistema de remolque, la misma que le dará seguridad al remolcar en caso de emergencia. En lo que se refiere a las características principales aproximadas que deberá tener el remolcador a diseñar, éstas se determinan en el Capítulo II, luego de hacer un análisis comparativo de los remolcadores actuales que posee la Armada.

## **1.2 REMOLCADOR DE PUERTO.**

Este estudio se basa en obtener el diseño de un remolcador de puerto, que supere las deficiencias de los remolcadores que posee la Armada actualmente, por tal motivo a continuación definiremos a un remolcador de puerto [5]. El servicio normal que realizan estos remolcadores es la asistencia a grandes buques en las maniobras de desvarada o varada en dique y



varaderos, como también para ayuda de navegación en canales o aguas poco profundas, ayudándolos hasta que éstos alcancen un lugar donde puedan maniobrar seguros por sí solos. En este caso, este tipo de remolcadores a menudo no remolca por sí solos al buque, ya que generalmente las maniobras de remolque se realizan con un remolcador que se coloca por la proa del buque amarrándose a éste y otro remolcador se coloca en la popa del buque de igual manera. Es en esta maniobra de arrastre por popa, en que el remolcador está en su posición de mayor peligro y requiere un alto grado de maniobrabilidad, buena aceleración y estabilidad que son el criterio principal de diseño para esta clase de embarcaciones.

Los remolcadores que van a la cabeza usan sus ganchos de remolque y como la proa del remolque puede tener 10 metros hasta la cubierta del remolcador, el ángulo de la tira de remolque es necesariamente muy pronunciado y el gancho debería estar libre de movimientos a este ángulo. Un mecanismo de rápida liberación del gancho de remolque o de escape controlado desde el puente, es de vital importancia en estos buques. La eslora para estos remolcadores generalmente varía entre 18 y 35 metros, pero la mejor eslora para este servicio es de 28 metros, con calados que van desde 3.2 a 4.2 metros. Estas unidades van equipadas con maquinarias que desarrollan entre 1000 a 1800 BHP. Cuando estos remolcadores no son empleados para la asistencia a buques grandes y son requeridos para remolcar buques ligeros, se debe proveer de un gancho de remolque para este propósito. Si es que esto es

considerado, el gancho debería ser colocado en la parte más a la popa del remolcador donde sea accesible para el operador del remolcador.

### **1.3 DESCRIPCION DEL GRUPO DE REMOLCADORES EXISTENTES EN LA ARMADA.**

El grupo de remolcadores de Puerto que posee la Armada Nacional dentro de su flota es el siguiente:

- B.A.E. SANGAY
- B.A.E. COTOPAXI
- B.A.E. ILLINIZA
- B.A.E. ALTAR

#### **1.3.1 REMOLCADOR SANGAY.**

Es un remolcador tipo Oceánico que generalmente en nuestro medio es utilizado como remolcador de puerto. Fue construido en el año de 1938 en los Estados Unidos. Esta unidad tiene 32 metros de eslora, 08 metros de manga, velocidad máxima de 12 nudos y un empuje estático de 38 toneladas. Posee solo una máquina principal de 1200 Hp de potencia, velocidad 300 RPM y un consumo de combustible de 68 galones por hora, además tiene 01 generador General Motor de 40 Kw y 1450 RPM de velocidad. Su capacidad de combustible es de

22000 galones y 30 toneladas de agua. El Sangay realiza operaciones en el Estero Salado, Río Guayas, Salinas, Libertad, habiendo realizado viajes hasta Panamá. Estas operaciones son generalmente de remolque, atraque, desatraque y de reabastecimiento a otras unidades; además cuenta con la maquinaria adecuada para las maniobras antes mencionadas.

### **1.3.2 REMOLCADOR COTOPAXI.**

Es un remolcador que tiene una eslora de 22.9 metros, 7.2 metros de manga, 3.04 metros de calado y una velocidad máxima de 10 nudos con un empuje estático de 18 ton. Fue construido en los Estados Unidos en el año de 1941. Debido a su diseño antiguo hace que tenga grandes dificultades en las maniobras a que actualmente es destinado.

Esta unidad posee una máquina principal con una potencia de 560 Hp a 1050 RPM y un consumo de combustible de 30 galones por hora, además tiene 02 generadores General Motors que generan corriente continua 110V y 01 generador Detroit Diesel de Corriente Alterna. La capacidad total de combustible es de 7500 galones y 10000 galones de agua.

El Cotopaxi actualmente presta sus servicios en la Base Naval Sur, ayudando en los atraques, desatraques y principalmente en remolque de Unidades Navales; para realizar estas maniobras la unidad cuenta con los respectivos equipos y maquinarias.

### **1.3.3 REMOLCADOR ILLINIZA.**

Es un remolcador que tiene una eslora de 14.9 metros, manga 4.5 metros, calado 1.23 metros y una velocidad de 11.5 nudos. Esta unidad al igual que el resto de la flota, opera en aguas restringidas como lo son los del canal de acceso a la Base Naval Sur de Guayaquil, y su función principal es ayudar a los buques de la Escuadra Naval en las maniobras de atraque y desatraque, [3].

Este tipo de remolcador fue construido en el año de 1977 con el único propósito de trabajar con unidades submarinas, pero luego con el pasar de los años se lo viene utilizando para mover cualquier tipo de embarcación naval y en algunos casos presta servicio en Autoridad Portuaria de Guayaquil y Puerto Bolívar; cuando los remolcadores de esas Instituciones por alguna causa se encuentran fuera de servicio. El remolcador Iliniza utiliza 02 máquinas principales General Motors 12V con una potencia de 340 hp. y 1800 RPM con un empuje estático de 12 ton, además tiene un generador ONAN de 3 Kw y 1300

RPM. La unidad cuenta con una capacidad de combustible de 2539 galones y un consumo de 7 galones por hora, también tiene una capacidad de 240 galones de agua.

En lo que respecta a seguridad interior tiene 01 bomba de achique de 100 galones por minuto con una succión de 1 1/2" y descarga de 1", 03 grifos contra incendio de 1 1/2", 01 pitón contra incendio, 04 extintores de CO2 y una bomba contra incendio de 500 galones por minuto.

#### **1.3.4 REMOLCADOR ALTAR.**

Esta unidad tiene las mismas características del remolcador ILLINIZA y ambos fueron construidos en el mismo año, es decir su diseño de construcción es similar, [3]. Este remolcador actualmente se encuentra operativo pero con limitaciones, las mismas que analizaremos en el siguiente capítulo. El remolcador Altar también cumple misiones de remolque de unidades de poco calado. Para el efecto está equipado con maquinaria adecuada, ya sea para maniobra de remolque como también para atraque y desatraque, además es utilizado en maniobras de salvataje y recuperación de unidades de superficie que por alguna causa han sufrido averías. Para el sistema

de contraincendio cuenta con 01 bomba portátil a gasolina y una bomba de achique de 200 galones por minuto.

#### **1.4 FALLAS TÍPICAS Y RESTRICCIONES DE LOS ACTUALES REMOLCADORES.**

En 1976 con la adquisición de 02 Submarinos, la Armada del Ecuador creyó conveniente tener pequeños remolcadores con las formas adecuadas de su proa, para ayudar en el atraque y desatraque a muelle de los Submarinos, es así que se ordenó el diseño y construcción de 02 remolcadores (ILLINIZA Y ALTAR) con las mismas características y formas. Luego de algunos años y con otras administraciones, a estos remolcadores les fueron cambiando el tipo de trabajo para el que originalmente fueron diseñados, es así que en la actualidad y con la adquisición de nuevas unidades de mayor tamaño, dichos remolcadores cumplen su misión pero con muchas limitaciones y expuestos a accidentes.

**El remolcador tipo ILLINIZA** tiene el sistema de gobierno mecánico, lo cual hace dificultoso realizar movimientos inmediatos para cambiarse de banda del buque al que se está atracando o desatracando, es decir que el remolcador para poder caer a cualquier banda tiene que hacer girar la caña del timón varias vueltas, por lo que el Patrón del remolcador se encuentra en tensión en cada maniobra que realiza. El sistema morse de velocidades es obsoleto y a la vez se encuentra ubicado justo a la altura donde está la

escotilla de ingreso al entrepuente de tripulación, esto quiere decir que la disposición del morse no es la adecuada ya que la abertura de la escotilla en el piso, no permite el libre paso de personal al entrepuente mientras se está en maniobras o navegando. Otra de las restricciones es la forma del casco en la roda, ya que como dijimos anteriormente fue diseñada con la forma del submarino, pero en la actualidad el remolcador tipo Iliniza maniobra con buques de superficie de gran calado que tienen el casco de diferentes formas, debido a esta razón se hace muy difícil las maniobras de los remolcadores porque al colocarse a una u otra banda hacia popa del buque en las maniobras de atraque y desatraque, la superestructura del remolcador sufre fuertes golpes con los cascos de los buques de gran calado, lo cual puede originar graves averías a la superestructura del remolcador y además no hay que descartar posibles desgracias personales.

**El remolcador Sangay** poseen una gran restricción que es la de tener una sola máquina principal y por ende un solo eje y hélice, además de que su máquina es de conexión directa, es decir no posee reversible, lo cual lo hace muy lento para reaccionar en las maniobras a que frecuentemente es asignado.

**El remolcador Cotopaxi** tiene las mismas deficiencias que el remolcador Sangay, debido a que solo tiene 01 máquina principal, 01 eje y hélice, por tal motivo el operar la unidad con una sola máquina es un poco dificultoso ya

que se requiere rapidez en las diferentes maniobras. Otra de las restricciones es la de contar con el sistema de gobierno mecánico, motivo por el cual la ejecución de los movimientos de la unidad es de forma lenta y no aplicable en las maniobras de atraque y desatraque. La falta de equipos electrónicos como son el radar, ecosonda y radio VHF, hace que estas unidades cuando se encuentran maniobrando estén dependientes solo al ojo humano y por lo tanto realizar navegaciones de remolque totalmente sin seguridad. El no disponer de un adecuado sistema de ventilación y sistema de aire acondicionado, produce un inadecuado ambiente de trabajo para el personal que opera estas unidades. Los remolcadores modernos de más de 18 metros poseen estos sistemas. Una falla típica en estas unidades de la Armada es la falta del gancho de escape en el sistema de remolque, por lo que al existir una emergencia en el desarrollo de las diferentes maniobras y no disponer del respectivo gancho de escape es casi imposible largar inmediatamente toda la maniobra al agua.

### **1.5 DESCRIPCION DE LOS BUQUES DE LA ARMADA A SER REMOLCADOS.**

Las Unidades de superficie y submarinas que utilizan el servicio de remolcadores se presentan en la siguiente tabla:



**TABLA 1**  
**CARACTERÍSTICAS DE LA FLOTA NAVAL**

DESCRIPCION DE UNIDADES	CARACTERISTICAS			
	ESLORA	MANGA	CALADO	DESPLAZ.
	(m)	(m)	(m)	(ton.)
FRAGATA ALFARO	113.0	12.50	4.80	3,200.00
FRAGATA MORAN VALVERDE	113.0	12.50	4.80	3,200.00
TRANSPORTADOR HUALCOPO	99.8	15.20	3.65	3,610.00
TRANSPORTADOR CALICUCHIMA	70.6	12.20	4.85	2,219.00
HIDROGRAFICO ORION	70.0	10.70	3.60	1,418.00
BUQUE ESCUELA GUAYAS	62.4	10.10	1.40	1,153.00
CORBETA ESMERALDAS	62.3	9.3	2.60	724.0
CORBETA MANABI	62.3	9.3	2.60	724.0
CORBETA LOJA	62.3	9.3	2.60	724.0
CORBETA LOS RIOS	62.3	9.3	2.60	724.0
CORBETA EL ORO	62.3	9.3	2.60	724.0
CORBETA GALAPAGOS	62.3	9.3	2.60	724.0
SUBMARINO SHIRY	59.3	6.2	5.20	1,110.0
SUBMARINO HUANCAVILCA	59.3	6.2	5.20	1,110.0
TANQUERO ATAHUALPA	53.0	9.8	4.60	1,481.0
TANQUERO TAURUS	53.0	11.0	3.04	3,000.0
TANQUERO QUISQUIS	40.0	7.8	2.45	519.3

Del cuadro anterior podemos decir, que la Armada tiene dentro su flota de unidades con desplazamientos que van desde los 519 a 3600 toneladas y esloras desde 40 a 113 metros, por lo que es imperiosa la necesidad que el remolcador en estudio, sea diseñado con el suficiente bollard-pull para que pueda asistir a las unidades en las diferentes maniobras antes mencionadas y además deberá asistir a las unidades en las maniobras de ingreso y salida de Dique. En este tipo de maniobras el remolcador juega un papel muy importante, ya que para las unidades sería casi imposible y peligroso realizar este tipo de tarea con seguridad sin la ayuda de los remolcadores. Debido a las dimensiones de las unidades de superficie y submarinas, las diferentes

maniobras se las realiza con dos remolcadores pequeños, uno a proa y otro a popa del buque que se va a asistir y eventualmente se colocarán a la cuadra, cualquiera de los dos remolcadores o se intercambiarán a una de las dos bandas, ya sea babor o estribor según las necesidades de las maniobras.

## CAPITULO 2

### 2. ANALISIS COMPARATIVO DE REMOLCADORES Y OBTENCION DEL REMOLCADOR PROTOTIPO.

#### 2.1 ANALISIS COMPARATIVO DE LOS REMOLCADORES.

De acuerdo a los requerimientos descritos en el Capítulo I, se hará un análisis comparativo de los remolcadores actuales, con el fin de obtener una referencia del tipo de remolcador conveniente para nuestra Armada. En el cuadro comparativo del Anexo “A,” podemos apreciar los cuatro tipos de remolcadores existentes en la Armada, con sus características que varían de acuerdo a sus dimensiones y que nos ayudarán a realizar nuestro análisis.

El *Sangay* es un remolcador tipo Oceánico, diseñado para operar en maniobras netamente de remolque por lo que está provisto de maquinaria adecuada para este servicio. Actualmente también es utilizado para asistir a las unidades más grandes en el atraque y desatraque a muelle. De lo anteriormente dicho podemos deducir que este tipo de remolcador por sus características operativas es el más adecuado para nuestro propósito, pero en la realidad no es así, debido a que no cumple con los requerimientos de la

Armada, ya que es una embarcación muy grande y diseñada para efectuar largas travesías. También hay que destacar que este remolcador solo posee un eje de propulsión por lo que las maniobras de atraque y desatraque son demasiadas lentas, lo cual es muy peligroso en las maniobras con las unidades navales y para el propio remolcador. Además, algo muy importante, su máquina principal es de conexión directa ya que no dispone de reversible, por este motivo si se está maniobrando avante e inesperadamente se requiere dar marcha atrás, hay que parar la máquina y luego dar marcha atrás.

El remolcador *Cotopaxi* según el cuadro del anexo A, tiene una eslora de 22.9 metros, una potencia de 560 HP y una velocidad de 10 nudos. Con este tipo de remolcador generalmente se efectúan las maniobras de remolque por la popa, ya que su máquina posee la suficiente potencia para mover nuestras unidades. A diferencia del Sangay su máquina principal si tiene reversible, pero el problema de este remolcador es la de contar solo con una máquina y por ende un eje propulsor y hélice, lo que hace que éste sea también muy lento en las maniobras de atraque y desatraque. Actualmente este remolcador a pesar de contar con solo un eje de propulsión se lo utiliza en las diferentes maniobras con todo tipo unidades de la Armada. Entonces podemos deducir que el remolcador Cotopaxi cumple con los requerimientos propuestos en este estudio, pero con limitación, por esta razón adoptaremos ciertas características de este remolcador como referencia para nuestro diseño y por

supuesto haciendo las modificaciones respectivas para que opere eficientemente en las maniobras de atraque y desatraque, así como también podrá realizar las maniobras de remolque por la popa sin dificultad.

Los remolcadores *Illiniza* y *Altar* tienen una eslora de 14.9 metros, una potencia en sus máquinas de 340 HP. y una velocidad de remolque de 8 nudos. Actualmente los gemelos Altar e Illiniza son los remolcadores más utilizados en las maniobras de atraque y desatraque a muelle de las unidades de superficie y submarinas, ya que son embarcaciones que poseen 02 máquinas principales, 02 ejes y 02 hélices de propulsión con sus respectivos reductores, características que hacen que sean remolcadores muy maniobrables para este tipo de operación. Generalmente ambos remolcadores trabajan en las diferentes maniobras en forma conjunta, lo que hace que dichas maniobras sean eficientes. A diferencia del remolcador tipo Sangay y Cotopaxi, este tipo de remolcador tiene un bollard-pull muy reducido como para realizar maniobras de remolque sin dificultad con las unidades navales de mayor desplazamiento; por tal motivo, éstos cumplen en ciertas características con los requerimientos necesarios para nuestro diseño.

## **2.2 SELECCION DE LAS CARACTERISTICAS ADECUADAS PARA EL REMOLCADOR PROTOTIPO.**

Del análisis anterior podemos concluir que los remolcadores tipos Cotopaxi y Altar, presentan características adecuadas, las mismas que las tomaremos como referencias y así podremos iniciar nuestro diseño; esto quiere decir que

nuestro remolcador al final cumplirá eficientemente con los requerimientos propuestos. Entonces podemos deducir que las características principales aproximadas que tendrá nuestro remolcador serán:

- ◆ Eslora 17 a 24 metros
- ◆ Desplazamiento 60 a 150 Tons.
- ◆ Potencia 900 a 1500 Hp.
- ◆ Velocidad 8 a 12 nudos
- ◆ Vel. Remolque 6 a 8 nudos
- ◆ Bollard-Pull 17 Tons -Fuerza

Estas características aproximadas resultaron luego de haber realizado un análisis comparativo entre los remolcadores que actualmente operan en nuestra Armada, y que nos servirán para poder modificar con criterios reales los requerimientos del Armador. Por tal motivo a continuación presentaremos los requerimientos de la Armada, en lo que respecta a las características principales aproximadas que deberá reunir nuestro diseño:

El remolcador a diseñar además de reunir las características de un remolcador de Puerto, deberá tener una velocidad de 10 nudos, 02 máquinas principales, 02 ejes de propulsión y hélices, sistema de gobierno hidráulico, contará también con habitabilidad para 06 tripulantes y una autonomía de no menos de 400 millas. Con la ayuda de las Ecuaciones de Regresión de la oficina de Administración Marítima de Construcción de Buques del Departamento de Comercio de los Estados Unidos [13], realizamos una serie de cálculos con lo

cual obtuvimos como resultado las siguientes características que se presentan en el siguiente tabla, y que nos servirán como punto de partida para obtener nuestras líneas de forma:

**TABLA 2**  
**RESULTADOS DE ECUACIONES DE REGRESIÓN**

<i>ESLORA EN LINEA AGUA (m)</i>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>22</b>
Número Cúbico	97.8	111.9	128.3	146.4	186
Poder Instalado, P (kW)	750.4	868	1044	1162	1338
Bollard Pull (Ton)	12.8	14.3	17.5	19.7	22.1
Manga (m), B	6.17	6.36	6.62	6.87	7.35
Puntal (m), D	2.49	2.77	2.89	3.02	3.26
Calado (m), T	2.08	2.19	2.29	2.39	2.6
Coefficiente Block , Cb	.539	.536	.534	.532	.529
Altura Centro Gravedad (m), KG	2.16	2.28	2.37	2.47	2.67
Centro Gravd. Longtud.(m) LCG	8.78	9.06	9.56	10.1	11.1
Centro Boyantez (m), Kb	1.22	1.30	1.44	1.50	1.63
Altura Metacéntrica (m), GM	.620	.650	.687	.722	7.95
Tonelaje Bruto (TB)	107.8	112.7	116.8	120.7	128.6
Tonelaje Neto (TN)	79.56	81.24	83.77	86.29	91.04
Coefficiente Estructural, Cs	.397	.397	.397	.397	.397

Para continuar con nuestro estudio, escogeremos como referencia los datos de la eslora de 19 metros en la línea de agua.

### **2.3 CONVENIENCIAS Y VENTAJAS DE NUESTRO REMOLCADOR PARA LA ARMADA.**

Desde el punto de vista técnico y operativo es muy importante que este tipo de remolcador sea diseñado para la Armada del Ecuador, ya que cumplirá en forma eficiente los requerimientos propuestos, debido a que en la actualidad hay deficiencias en la parte operativa de los remolcadores existentes. Con la asistencia de este nuevo tipo de remolcador las unidades de superficie y submarinas se verán beneficiadas, ya que las maniobras de atraque y desatraque se harán de manera más rápidas y seguras. Cabe mencionar que Astilleros Navales, también utiliza de estos servicios, ya que para varar y desvarar embarcaciones navales y civiles en los Diques y en el Varadero, necesita de la asistencia de 02 remolcadores para realizar dicha maniobra con precisión y seguridad.

El remolcador a diseñarse tendrá suficiente bollard-pull, con lo cual superará las maniobras a que sea asignado y algo muy importante que destacar, su eslora no será sobre dimensionada. También tendrá otra ventaja en su diseño que es la de contar con dos máquinas principales de propulsión con sus respectivos reductores y por consiguiente 02 ejes y hélices, ventaja por la cual este remolcador podrá maniobrar fácilmente a una y otra banda, y además la reacción casi inmediata de la unidad al cambiar de avance a marcha atrás y viceversa. Además las maniobras de remolque por la popa serán más seguras, ya que con 02 hélices se podrá mantener con facilidad el rumbo de



remolque. Algo muy importante en esta maniobra de remolque por la popa, es la implementación del gancho de escape muy prioritaria y necesaria, con lo cual la seguridad de la maniobra estará garantizada. Actualmente la Base Naval de Guayaquil, es el Reparto de la Armada que necesita dentro de su flota de remolcadores, la adquisición de una embarcación con nuevo diseño que cumpla eficientemente las maniobras a que sea encomendado.

#### **2.4 BREVE DESCRIPCION DEL PROGRAMA AUTO SHIP.**

A partir del nacimiento de las computadoras, el hombre trata incesantemente de crear programas que realicen las tareas que antes las realizaba él, con la ventaja de que las máquinas lo pueden hacer incansablemente, con rapidez incomparable y además con pasmosa exactitud. En el diseño naval de una embarcación, son muchos los cálculos técnicos que el Arquitecto Naval tiene que realizar, estos cálculos entre otros comprenden los Cálculos Hidrostáticos, Estabilidad, Propulsivos, Estructurales y Escantillonado. Para ello se utilizan reglas matemáticas expedidas por Casas Clasificadoras de prestigio como el American Bureau of Shipping, Bureau Veritas, Lloyds Register, etc. Como se puede deducir todo el proceso antes mencionado representa largas y tediosas horas, llenando decenas de páginas con miles de operaciones matemáticas básicas. Después de algunas semanas de esta labor, probablemente el resultado no satisfaga los requerimientos técnicos y de seguro tendremos que volver a repetir todo, hasta lograr la excelencia en el

diseño. En la actualidad afortunadamente, existen programas de computadoras que se constituyen en una herramienta invaluable para el diseño moderno. Estos programas realizan por nosotros todos los cálculos ya descritos y su aporte va más allá como veremos a continuación:

### **Autoship:**

El Autoship es un programa que se constituye en una herramienta del diseñador naval para las generaciones de líneas de formas, que es una de las fases más importantes en el diseño de una embarcación, [4].

Los datos de altura y semimangas para el trazado de gálibos no poseen los errores tradicionales debido al factor de escala, se pueden generar cualquier cantidad de cortes, sean estos transversales, longitudinales u horizontales; estos cortes pueden ser importados por el Autocad para realizar el diseño que se requiere: distribución, constructivos y circuitos. Además este programa permite generar bulbos de proa, así como túneles de popa y proa.

### **Autohidro:**

Este programa captura la forma de la embarcación generada por el Autoship, mediante un módulo llamado model maker, con lo cual se adicionan tanques, superestructuras, carga en bodega o cubierta, apéndices (palas, hélices, arbotantes, quillas de balance, etc.) para crear un modelo en nuestra computadora, similar al que será la embarcación a construir. Se pueden realizar los siguientes cálculos:

- Cálculos hidrostáticos.
- Cálculos de sondaje de tanques.
- Cálculo de estabilidad y trimado:  
curvas cruzadas y de estabilidad estática.
- Evalúa los criterios de estabilidad en vigencia (IMO) y
- Se pueden adicionar criterios basados en experiencias particulares del Astillero u Organismo nacional que lo emita.
- Cálculo de eslora inundable.
- Cálculo de resistencia estructural longitudinal.

Todos estos cálculos pueden realizarse a cualquier condición de calado, trimado, escora, avería, se puede simular la acción del viento, altura de ola, formación del hielo, embarque de agua sobre cubierta, etc.

#### **Autopower:**

Este programa calcula la resistencia que ofrece el casco al navegar a una velocidad de diseño determinada y puede calcular la potencia requerida para mantener esta velocidad. Determinados la potencia y la razón de reducción, se puede calcular la hélice óptima. Los métodos empleados son:

- Para embarcaciones de desplazamiento: Andersen Guldhammer, Holtrop, Fung, Van Oortmenseen, Digernes Cheng, Jin, Su Tan, Calisal y FAO.
- Para embarcaciones planeadoras: Savitsky y Rodojcic.

- Para embarcaciones de semidesplazamiento; Compton.
- Para catamaranes: Fast Cat Marintek.

**Autocad V-12:**

Mediante este programa podemos capturar las formas del casco y cortes desde el Autoship para poder realizar los diseños gráficos. Esto implica una mayor rapidez en el desarrollo de un proyecto. Con el autocad podemos almacenar toda la información de uno o varios diseños en el computador o diskettes, creando así una base de datos de circuitos, accesorios y embarcaciones que se pueden utilizar posteriormente para su modificación u optimización en la ejecución de un nuevo proyecto.

## CAPITULO 3

### 3. DISEÑO PRELIMINAR DEL REMOLCADOR.

#### 3.1 OBTENCION DE LINEAS DE FORMAS.

Debido a que el casco del buque es de una curvatura compleja, se hace necesario establecer ciertos planos de referencia que permitan indicar con exactitud su superficie. Con miras al diseño y a referencias en planos y diagramas la representación gráfica del casco se obtiene proyectándola sobre tres planos perpendiculares entre sí. Estas proyecciones son similares a la horizontal, vertical y lateral que se estudian en la geometría descriptiva y dibujo mecánico y que en nuestro caso llamamos plano horizontal, plano longitudinal y plano transversal. La proyección de la forma del casco sobre estas tres vistas, con las intersecciones de los planos mencionados anteriormente, recibe el nombre de plano de trazado o líneas de formas del buque. Para la generación de las líneas de formas, utilizaremos el programa Autoship [4], en el que en forma general se ingresan puntos aproximados del alefriz en los planos  $x$ ,  $y$ ,  $z$ . Unimos dichos puntos creando rectas,

suavizamos las rectas para obtener la curva del alefriz. Realizamos lo anterior para obtener la china y la cubierta.

Una vez creada las tres curvas (alefriz, china y cubierta), entramos a la opción de superficie y creamos una superficie entre el alefriz y la china, y también entre la china y cubierta. Luego de creadas esas dos superficies, se hace un solo grupo asignándoles espesores y tipos de material aproximados, con lo que creamos el forro del buque. Para obtener el plano de líneas de formas, se ingresa los valores de separación de estaciones, líneas de agua y perfiles. Con los datos ingresados anteriormente del tipo de material y espesores de planchaje, se calcula el centro de gravedad del forro de la embarcación. Posteriormente exportamos de Autoship a Autocad para poder editar y darle una mejor presentación a las líneas de forma. Los resultados se presentan en el Anexo “B”, en donde se han generado cortes transversales, longitudinales y horizontales.

### **3.2 CURVAS HIDROSTATICAS.**

Son parámetros y coeficientes que dependen de la forma de la carena y que nos permite determinar las condiciones de desplazamiento y asiento a la cual navegará nuestra embarcación. Todos estos elementos calculados basándonos en las formas del buque, los vamos a reunir en una serie de curvas, una para cada elemento, sobre dos ejes coordenados, cuyo conjunto

llamamos curvas hidrostáticas [10]; en el eje de las ordenadas encontramos los calados en metros de las correspondientes carenas rectas, y en el de las abscisas, las escalas correspondientes de las distintas curvas. Para realizar cálculos hidrostáticos exportamos los datos de líneas de formas desde Autoship a Autohidro, y obtenemos un modelo con el cual podemos realizar los siguientes cálculos: curvas hidrostáticas, curvas cruzadas y cálculos de estabilidad. Primero ingresamos el calado de la embarcación y el rango para el cual va a ser calculado su respectivo valor de espaciamiento. Una vez ingresados estos datos se obtienen las curvas hidrostáticas, que se presentan en Anexo “C”.

### **3.3 DISTRIBUCION GENERAL.**

Un remolcador es esencialmente una potencia flotante, en donde la mayoría de espacio disponible en el casco, está ocupado por la maquinaria de propulsión principal y auxiliares requeridos. De acuerdo a la estadística de remolcadores en nuestro medio, se encuentra que el 40 o aún el 50 por ciento del total de la eslora del remolcador es ocupada por el cuarto de máquina. Además la práctica usual es de proveer un castillo para los dormitorios para el personal de tripulación. Espacios para comedor, cocina, baños completos, diferentes tipos de bodegas, etc. Los espacios del puente deberán ser espaciosos y también proporcionarán claridad y visibilidad a ambas bandas, a proa y popa [12]. Así, en la distribución de este diseño preliminar

tomaremos en consideración los diseños de remolcadores existentes en nuestro medio, recomendaciones de manuales y sobretodo aprovechando los espacios disponibles al máximo. El buque estará provisto con todos los arreglos para remolque según la norma internacional.

**Habitabilidad**, tomando en consideración las recomendaciones anteriores, la habitabilidad en nuestro diseño está ubicada en la segunda cubierta y cuenta con 02 camarotes, el de babor con dos literas dobles para 04 tripulantes y el de estribor con una litera doble para 02 tripulantes. También 01 baño con un lavamanos, una ducha y dos inodoros. El cuarto de cocina con congelador, refrigerador y cocina de gas. El comedor para los 06 tripulantes. Además un pequeño pañol en donde se guardarán los víveres secos.

**Puente de Gobierno**, dispuesto sobre la cubierta principal y es donde están localizados los controles o instrumentos para la navegación, operación de máquinas principales y gobierno. Los siguientes equipos e instrumentos serán instalados en el puente de gobierno: dos controles remotos tipo Morse para operar las máquinas de propulsión de babor y estribor, arranque, parada y aceleración desde el puente. Rueda o caña de gobierno y un compás magnético, además de una mesa de ploteo y un asiento giratorio para el timonel. Panel de distribución eléctrica y fusibles, control de reflectores, luces de navegación e instrumentos completos de medida de las máquinas principales y auxiliares.



***Sala de Máquinas***, se encuentra en la segunda cubierta, en donde se disponen las 02 motores principales, 02 generadores auxiliares, 01 banco de baterías, 01 panel de distribución eléctrica, bombas, etc. El sistema de enfriamiento de las máquinas principales será mediante un enfriador de quilla (keell cooler). El suministro de agua salada para enfriamiento de los generadores se realizará por medio de una caja de mar, con tubería de acero inoxidable reforzada de alta presión, de diámetro 8" sch 80.

***Capacidad de Tanques***, se dispondrá de 02 tanques de combustibles con una capacidad de 6419 galones, ubicados a proa de sala de máquinas, para una autonomía de 400 millas. Además 02 tanques para agua dulce, uno ubicado en proa con 607 galones y otro en popa con una capacidad de 366 galones.

***Equipos de Maniobra y Remolque***, los equipos de cubierta o maniobra serán una ancla y cadena de acuerdo a las Reglas de la Sociedad Clasificadora, un cabrestante eléctrico de suficiente potencia, defensas de caucho comprimido en proa, defensas tipo llantas colgadas alrededor de la unidad con cadenas de acero galvanizado, una bita doble reforzada en popa, una bita reforzada en proa, más dos bitas dobles en cada banda, un gancho de remolque de disparo rápido, normalmente neumático con accionamiento local a ambas bandas y remoto desde el puente con 20 toneladas de capacidad, el chigre de remolque situado en la popa cerca del gancho, maneja la tira de remolque [2], cuatro tiras de amarre de nylon de 100 pies x 1 ½" cada una.

*Equipos de Comunicación y Navegación*, estarán compuestos por un radio VHF y un radio HF, un ecosonda con un rango de 0-100 metros, un radar de navegación con alcance mínimo de 24 millas, un navegador satélite GPS, un indicador de ángulo de caña, un compás magnético. El plano de distribución general se presenta en el Anexo “D”.

### **3.4 ANALISIS DE ESTABILIDAD PRELIMINAR.**

La estabilidad es uno de los principales requerimientos de diseño de cualquier embarcación, pero en el caso de remolcadores es aún más importante. Para tratar de predecir el comportamiento seguro de la embarcación, es necesario la determinación de las curvas cruzadas, el brazo adrizante máximo (GZ), altura metacéntrica (GM) y la curva de estabilidad estática, con lo cual nos aseguramos que la embarcación en estudio satisfaga los criterios de estabilidad mínimos sugeridos por la Organización Marítima Internacional (O.M.I.).

Para realizar los cálculos de estabilidad con el autoship, debemos programar en el editor el ingreso del calado y el centro de gravedad vertical medido desde la línea de construcción y el centro de gravedad longitudinal medido desde proa. Corremos el programa y obtenemos en el Anexo “E”, los resultados del análisis de estabilidad intacta en condición ligera y la curva de

brazos de adrizamiento versus ángulos de escora. Además en el Anexo “F” presenta los cálculos y las curvas cruzadas de estabilidad.

### **3.5 CALCULO ESTRUCTURAL.**

Inicialmente se determinan y seleccionan los elementos estructurales que utilizaremos en la construcción del remolcador, realizando cálculos para obtener el escantillonado de baos, cuadernas, planchaje del fondo, costados, cubiertas y mamparos, etc. y de todos los elementos que formarán la estructura de la embarcación en estudio. En el Anexo “G”, se presenta el detalle de los cálculos de cada uno de los elementos estructurales, los mismos que se han realizado siguiendo las “Reglas de Clasificación ABS”, [2]. En el Anexo “H”, seleccionamos los estructurales existentes en el mercado local con la ayuda del Manual Glaser Services, [9], en donde calculamos su módulo seccional y si es que son ligeramente iguales o mayores a los obtenidos en el Anexo “G”, lo seleccionamos como miembros estructurales para nuestro diseño. Además en el Anexo “I” presentamos el cálculo del módulo seccional mínimo requerido por ABS en medio del buque y también de nuestra cuaderna maestra. Obtenido estos dos valores, determinamos que el módulo seccional de la cuaderna maestra es casi igual que el mínimo requerido por ABS [1]. Finalmente presentamos en el Anexo “J” el plano estructural preliminar de nuestro remolcador.

### **3.6 CALCULO DE RESISTENCIA Y DEL SISTEMA PROPULSOR.**

Se realizan para predecir la resistencia al avance que posee el casco a una determinada velocidad. Determinación de la curva de potencia versus la velocidad para seleccionar el motor que se ajuste más eficientemente a las condiciones de servicio y a la velocidad óptima. Selección de la relación de reducción y del propulsor (hélice) cuyas características principales son: el diámetro, el paso, el número de palas y el coeficiente de área. Vale la pena resaltar que un error por parte del diseñador en este aspecto, como por ejemplo en la selección de la hélice, puede volver ineficiente la operación de una embarcación, ésta podría no alcanzar la velocidad prevista, que puede originar vibraciones excesivas produciéndose desajuste y desalineamientos que agravarían el problema, el motor podría operar en sobrecarga sufriendo recalentamientos, disminuyendo la vida útil del mismo y aumentando considerablemente el consumo de combustible. Todos estos son algunos de los graves problemas que resultan de un cálculo propulsivo mal realizado.

#### **3.6.1 Cálculo del Poder.**

El cálculo de la potencia requerida por este casco para poder alcanzar la velocidad requerida, fue realizado mediante el software AUTOPOWER, el cual es el módulo de cálculo de predicción de poder del paquete para el diseño de embarcaciones AUTOSHIP, el cual es

desarrollado por AUTODESK. Este módulo de predicción de poder AUTOPOWER, cuenta con varios métodos de cálculo para resistencia y potencia, de acuerdo al tipo de casco, los cuales están programados y por supuesto tienen las mismas limitaciones de los métodos teóricos de los cuales provienen. Con la ayuda del programa Autopower, iniciaremos con los cálculos propulsivos del diseño. Al ingresar en autopower seleccionamos el tipo de casco, escogiendo el de desplazamiento; luego nos presenta la Tabla 3 e ingresamos los parámetros del casco previamente calculados por los anteriores programas. Debido a que los cálculos son para obtener la potencia de las máquinas de un remolcador, es necesario tomar en cuenta las características de resistencia del remolque, para tal efecto el programa nos pide en la tabla el servicio marginal que en nuestro caso es del 50%. Si no ingresáramos el servicio marginal entonces la potencia calculada se reduciría considerablemente, es decir la potencia solo serviría para mover el remolcador. Después de ingresar todos los valores en la tabla, escogemos los métodos de resistencia apropiados para nuestro tipo de casco, los mismos que están indicados en la Tabla 4, ingresamos los rangos de velocidad, el valor mas bajo, mas alto, intervalo de velocidad y la velocidad de servicio. Posteriormente aparecen las opciones de resistencia en donde ingresamos el factor de forma y el área mojada del casco definido anteriormente, el factor de escala, resistencia del aire, rugosidad del casco y el diámetro

aproximado de la hélice. Finalmente realizamos la primera corrida del programa obteniendo en primer lugar la Tabla 3 de ingreso de datos.

**TABLA 3**  
**RESISTENCIA Y PREDICCIÓN DE PODER**

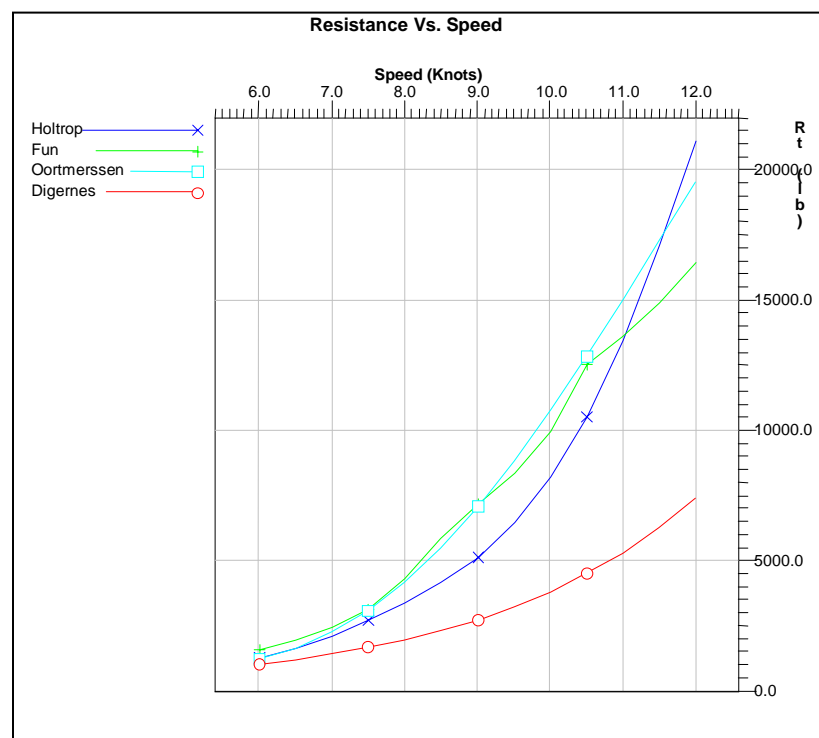
<b>Resistance and Power Prediction from AutoPower V3.0.2</b>	
Project:	REMOLCADOR
Date:	17Oct 03
Hull Type:	Displacement
<b>Hull Data</b>	
LWL	60.99ft
Breadth	18.54ft
Draught (F)	7.61ft
Draught (A)	6.69ft
Displacement	115.0LT
LCB	0.25%
Cwp	0,880
Cm	0,700
(1+K)	1,530
Wetted Hull Area	1,337.3ft <sup>2</sup>
Wetted Appendages Area	161.5ft <sup>2</sup>
Wetted Transom Area	25.8ft <sup>2</sup>
Transom Width	19.7ft
Half Angle of Entrance	48.8deg
Half Angle of Run	0.0deg
Angle at ¼ Buttock	0.0deg
Bulbous Bow	NO
Body Type - Fwd:	V-Shaped
Body Type - Aft:	U-Shaped
Service Margin	50%
Appendage Allowance	30%
Appendage Form Factor	4,0
Cb	0,498
Cp	0,711
Service Speed	10.0knots

Luego en la Tabla 4 se muestra la resistencia total al avance, de acuerdo al rango de velocidad previamente establecido, y por cada método escogido.

**Tabla 4**  
**Resistencia Total, RT(libras)**

Speed (kt)	Fn	Holtrop	Fung	Oortmerss	Digernes
6.00	0.23	1276.81	1587.87	1246.84	1020.43
6.50	0.25	1641.24	1970.73	1650.17	1204.55
7.00	0.27	2123.91	2453.65	2246.27	1421.35
7.50	0.29	2700.18	3150.26	3076.96	1676.67
8.00	0.30	3368.93	4337.88	4162.33	1977.39
8.50	0.32	4163.34	5878.08	5500.72	2331.65
9.00	0.34	5156.41	7219.65	7073.17	2749.06
9.50	0.36	6458.11	8387.08	8849.24	3240.98
10.00	0.38	8201.34	9952.07	10792.71	3820.82
10.50	0.40	10516.36	12553.85	12865.88	4504.43
11.00	0.42	13488.30	13625.15	15032.66	5310.56
11.50	0.44	17098.64	14929.72	17260.36	6261.32
12.00	0.46	21144.74	16435.53	19520.59	7382.86

Abajo se presenta la curva de Resistencia Vs. Velocidad, en donde cada una fue obtenida por medio de un método diferente.



**FIGURA 1. - RESISTENCIA VS. VELOCIDAD**

En la siguiente tabla se presenta la potencia efectiva por cada método empleado, de acuerdo al rango de velocidad establecido.

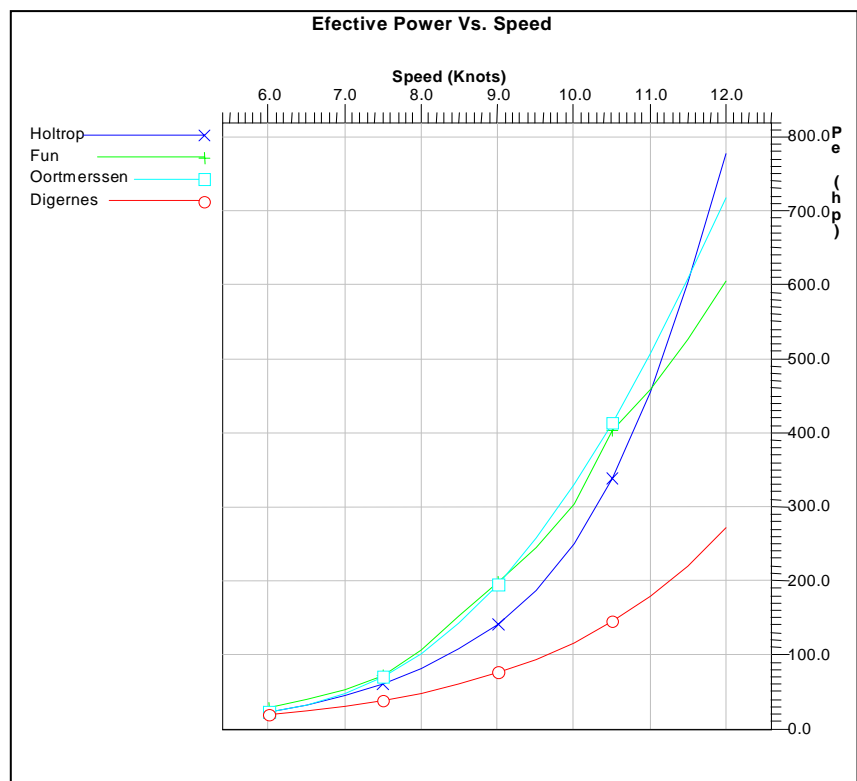
**TABLA 5**  
**PODER EFECTIVO, PE(HP)**

Effective Power, PE (hp)					
Speed (kt)	Fn	Holtrop	Fung	Oortmerssen	Digernes
6,00	0.23	23.51	29.24	22.96	18.79
6,50	0.25	32.74	39.31	32.92	24.03
7,00	0.27	45.62	52.71	48.25	30.53
7,50	0.29	62.15	72.50	70.82	38.59
8,00	0.30	82.71	106.49	102.18	48.54
8,50	0.32	108.60	153.32	143.48	60.82
9,00	0.34	142.41	199.39	195.35	75.92
9,50	0.36	188.27	244.51	257.98	94.48
10,00	0.38	251.67	305.40	331.20	117.25
10,50	0.40	338.85	404.50	414.56	145.14
11,00	0.42	455.31	459.93	507.44	179.26
11,50	0.44	603.41	526.87	609.12	220.96
12,00	0.46	778.64	605.23	718.83	271.87

Para efecto de comprobación, en el Anexo “K” se detalla el cálculo del poder teniendo como guía el manual de Elements of Marine Propulsion, Detroit Diesel, [7]; en donde a una velocidad de servicio de 10 nudos se obtiene una potencia al eje de 676 hp, una potencia al freno de 709.8 hp. y una potencia efectiva de 354.9 hp. Luego de obtenido los resultados del cálculo del poder, seleccionamos el motor y reductor para nuestra embarcación con la ayuda del catálogo Marine Engine Selection Guide de Caterpillar [6], las mismas que son: 02 máquinas principales Caterpillar modelo 3412 TA/B, 1440 BHP, 1800 RPM y una caja de reducción tipo WAF 364 Reintjes. Con la ayuda del Modern Tug Design [4], se realizó los cálculos con el fin de



obtener el Bollard Pull o Empuje Estático, el mismo que se presenta en el Anexo “L” y que dio como resultado 17.18 toneladas fuerza, valor aproximado al propuesto inicialmente. Además obtenemos la curva de Potencia efectiva Vs. Velocidad, en donde de igual manera cada curva fue calculada por el programa por medio de cada uno de los métodos escogido.



**FIGURA 2. POTENCIA EFECTIVA VS. VELOCIDAD**

Como podemos observar en la Tabla 5, las potencias calculadas por el método de Digernes presentan valores muy bajos, debido a que prácticamente utiliza solo un parámetro como límites de aplicación y los análisis de regresión basados en buques pesqueros. Mientras que

los otros métodos si utilizan algunos parámetros como límites de aplicación y sus análisis de regresión basados en varios datos de pruebas de modelos de buques. Luego analizando las figuras 2 y 3, escogemos el método de Holtrop para realizar los posteriores cálculos para el dimensionamiento del propulsor; ya que los valores calculados tanto para resistencia al avance así como para la potencia efectiva se encuentran en un rango intermedio con respecto a los valores calculados por los otros métodos teóricos.

### **3.6.2 Cálculo del Propulsor.**

Para el dimensionamiento del propulsor ingresamos al programa el número de propulsores, número de aspas, paso de la hélice, método de coeficiente de estela y empuje, límite del diámetro de la hélice, coeficiente de eficiencia relativa dado por el método de Holtrop, eficiencia del tren de potencia predeterminado, luego se ingresó valores de velocidad, resistencia y poder efectivo (Estos valores fueron calculados en los cálculos de resistencia a una velocidad de servicio especificada). Una vez ingresado las opciones anteriores, seleccionamos uno de los tres métodos de optimización de hélice, escogiendo la que optimiza RPM, diámetro de hélice y relación paso diámetro P/D, sin cualquier limitación en el diámetro de hélice. Finalmente ingresamos los valores de poder de la máquina que son el poder al eje requerido para velocidad de servicio, las RPM y el

porcentaje máximo de poder ó % MCR. Corremos nuevamente el programa y nos presenta la Tabla 6, que contiene los datos del poder de la máquina y los datos de empuje y resistencia del buque por cada método seleccionado a diferentes valores de velocidad.

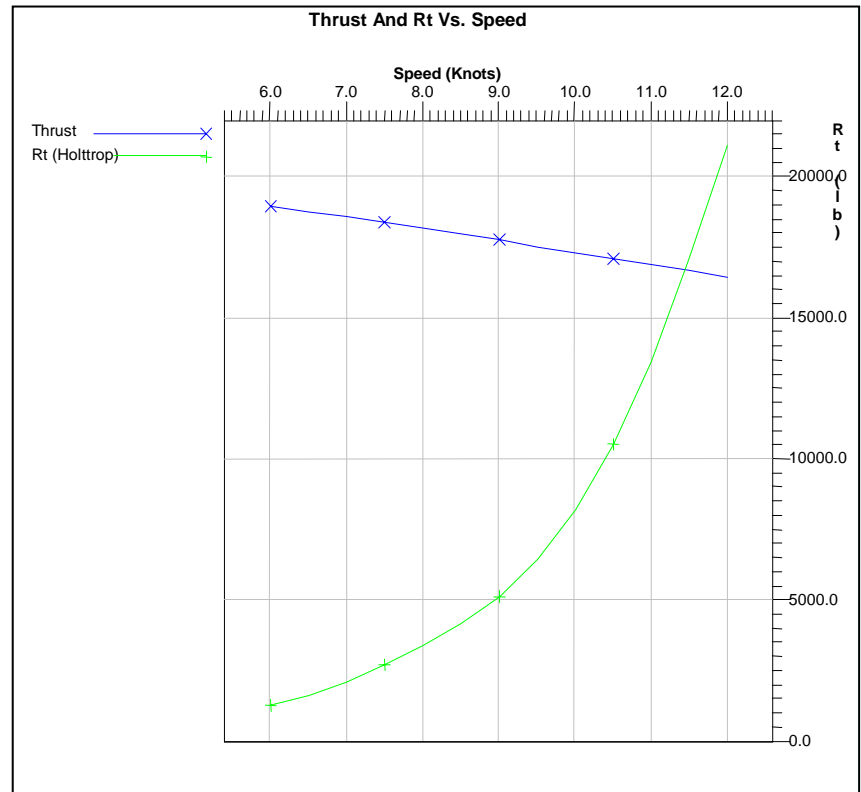
**TABLA 6.**

**DATOS DE PODER DEL BUQUE**

<b>Power Plant Data</b>			
Shaft Power:			700 hp
RPM:			600
Percent MCR:			90.0
Operating Speed			10.2 Knots
<b>Thrust and Resistance (lb)</b>			
Speed (kt)	Fn	Thrust	Rt (Holtrop)
6,00	0.23	18984.22	1276.81
6,50	0.25	18786.23	1641.24
7,00	0.27	18585.90	2123.91
7,50	0.29	18383.29	2700.18
8,00	0.30	18177.29	3368.93
8,50	0.32	17970.38	4163.34
9,00	0.34	17761.40	5156.41
9,50	0.36	17550.42	6458.11
10,00	0.38	17337.49	8201.34
10,50	0.40	17122.70	10516.36
11,00	0.42	16906.08	13488.30
11,50	0.44	16687.70	17098.64
12,00	0.46	16467.60	21144.74

También se presenta las curvas de Empuje y Resistencia Vs. Velocidad, en donde observamos que el empuje proporcionado por los dos propulsores se intercepta con la resistencia del casco en un rango

entre 11 a 12 nudos, rango en el cual operaría teóricamente la velocidad de la embarcación.



**FIGURA 3. EMPUJE Y RESISTENCIA VS. VELOCIDAD**

Para fines de comparación, en el Anexo K se presentan los mismos cálculos, pero con los datos obtenidos por medio del método de Fung.

Como último resultado el programa nos presenta la siguiente tabla, en la cual se observan cada uno de los parámetros del propulsor. Todos estos resultados nos servirán para definir los parámetros finales para nuestro diseño preliminar.

**TABLA 7**  
**PARÁMETROS DEL PROPULSOR**

<b>Propeller Parameters</b>			
Resist. Method:	Holtrop		
Design Speed	10 knots		
Design Resistance	8208 lb		
Design Pe	252 hp		
Number Props	2	Wake	0.290
Pitch:	Fixed	Thrust	0.354
Number Blades:	4	Hull Eff.	0.910
Diameter	3.80 (ft)	Rot Eff.	0.700
Open Water Eff.	0.472	Shaft Eff.	0.700
PD Ratio:	0.834		
Area Ratio:	0.826	Pd ( hp)	419
RPM:	546.8	Ps ( hp)	598

De los resultados de la tabla anterior, podemos apreciar que la hélice tendrá una velocidad de 546.8 rpm, y como la velocidad de la máquina principal seleccionada es de 1800 rpm, nuestra razón de reducción será de 3:1.

### 3.6.3 Cálculo del Eje Propulsor.

El cálculo del diámetro del eje propulsor a instalar en la embarcación se lo realizó con la siguiente fórmula [7]:

$$d = 92 * (P*(1+ K) / N)^{1/3}$$

Donde:

$$P = 676 \text{ Hp}$$

$$N = 346.8 \text{ RPM}$$

$$K = q^*(a-1)$$

$$q = 0.4 \text{ para motores de 4 tiempos}$$

$$a = 1.2$$

Reemplazando valores en la fórmula anterior obtenemos que el diámetro debe ser de 117.9 mm. Con el fin de verificar el valor obtenido, recurrimos al nomograma que presenta Elements of Marine Propulsión [7], en donde recomiendan medidas de ejes para varios materiales de ejes. Dibujamos una línea que conecte 676 SHP y 546.8 RPM, en el punto donde intercepta la línea central, trazamos una horizontal a través de las escalas de medidas verticales de ejes, teniendo como resultado un eje de acero de 4.4 pulgadas que equivale a 111.7 milímetros, lo que confirma que el resultado de nuestra fórmula es correcto.

### 3.6.4 Cálculo del sistema de Gobierno.

En el Anexo “M” se detallan los cálculos del timón del sistema de gobierno, los mismos que se realizaron basándose en las fórmulas presentadas por las Reglas de Clasificación ABS [1], los resultados obtenidos se presentan en la tabla siguiente:

**TABLA 8**  
**CARACTERÍSTICAS DEL TIMÓN**

Area del timón	0.73 m <sup>2</sup>
Fuerza del timón	14.1 kN
Torque	1.7 kN-m
Espesor	3/8"
Diámetro del barón	2"
Diámetro del perno de brida	3/4"
Espesor de la brida	3/4"
Refuerzo módulo seccional	10cm <sup>3</sup>

### 3.7 CIRCUITOS.

*Requerimientos de la Sociedad Clasificadora*, los diseños de cualquier embarcación deben cumplir con las regulaciones internacionales de construcción vigentes dadas por las Sociedades de Clasificación y con normas para precautelar la vida humana en el mar y conservación del medio ambiente. Se deben tener presente las siguientes consideraciones:

- Los circuitos que transporten agua deben tener cañerías que soporten presiones sobre los 225 [psi] y temperaturas superiores a 177 [°C].
- Las cañerías de PVC deben estar diseñadas para soportar un máximo de 3.7 [psi].
- Se recomiendan acoples y válvulas de acero forjado o fundido para toda presión y temperatura. Toda descarga hacia el exterior del casco debe tener una válvula de no retorno.

- Ninguna cañería de succión principal debe ser menor de 2.5 [in] de diámetro interno.
- Se deben tener al menos 2 bombas de achique.
- El caudal que debe impulsar la bomba contra incendio, en función del diámetro es el siguiente:

$$Q = 16.1 * d^2 [GPM]$$

- Cada bomba contra incendio no debe tener una capacidad inferior al 40% de la capacidad de total requerida ni debe ser menor al 2/3 de la capacidad de la bomba de achique.
- La descarga en los pitones C/I debe ser 44 [psi].
- Los tanques de desechos y achique van por separado.
- Al sistema de achique deben estar conectadas al menos 3 bombas que proporcionan al fluido una velocidad de hasta 2 [m/s].
- El caudal de la bomba contra incendio no debe ser menor de 25 [m<sup>3</sup>/s].
- El circuito de agua dulce está confeccionado por tuberías de hierro negro (ASTM-53), la velocidad límite de succión es de 15 [pies/s] y la de descarga, 20 [pies/s]. Se establece como requisito un caudal de 3 [GPM] para la descarga.
- El circuito de aguas negras debe confeccionarse en PVC para ahorrar peso. La velocidad del líquido decae un 80% en las descargas de las duchas, debido a la distancia a recorrer y los cortes en el flujo. En los lavabos e inodoros, la velocidad disminuye un 20%, esto se debe a que



la distancia recorrida es mínima. Se estiman los siguientes diámetros para la descarga: lavabos (3/4 [in]), duchas (1 ¼ [in]), inodoros (3 [in]).

- El circuito de combustible está confeccionado de tubería de hierro negro (ASTM-53), las velocidades límites para la succión es de 4 [pies/s] y para la descarga, 6 [pies/s].
- El circuito contra incendio está confeccionado de cañerías de hierro negro (ASTM-53) que transportan agua salada hacia 6 estaciones C/I ubicadas 2 en el magistral y 4 en cubierta principal (2 a cada banda). Los diámetros para la succión y descarga son 2 ½ [in] y 1 ¼ [in] respectivamente.
- El circuito contra incendio debe proporcionar un flujo no inferior a 110 [GPM] y trabajar con una descarga de 44 [psi].

***Detalle del Circuito de Agua Dulce a utilizarse:***

- El volumen del tanque de presión es 10 veces el caudal de la bomba requerida.
- Los flujos de servicio de abordaje son las siguientes:
  - i. 3 lavabos, considerando la cocina, 3 [GPM] cada uno.
  - ii. 2 duchas, 5 [GPM] cada uno.
  - iii. 3 inodoros, 5 [GPM] cada uno.

Estos caudales son referencias de mediciones hechas en casa.

- El consumo de agua para bebida, cocina, lavado de platos, lavandería, inodoros, lavabos y limpieza general es de 30 [GAL/(PERSONA-DIA)].
- La capacidad del tanque de presión, considerando una frecuencia de servicio de 5 veces por hora resulta:

$$V_T = 10 * Q = 10 * [(3 * 3) + (2 * 5) + (3 * 5)] = 340 \text{ [GAL]}$$

Si consideramos la utilización de 2 tanques con 2 [m] de altura, el radio de cada uno es de 0.32 [m].

- Al navegar 7 tripulantes, como lo indica el plano de distribución general, el consumo diario será de 210 [GAL].
- A fin de aumentar la autonomía del remolcador, se adicionaron 2 tanques de 250 [GAL] de combustible a la proa de los existentes.

En el Anexo “N”, se presentan los cálculos para seleccionar el tipo de bombas y accesorios, determinando condiciones de trabajo, flujos, cabezal, etc. de los diferentes circuitos.

A continuación se presentan las siguientes tablas con el detalle de materiales a utilizarse en los circuitos de agua dulce, combustible, de achique y contra incendio:

**TABLA 9****CIRCUITO DE AGUA DULCE**

<i>ITEM</i>	<i>DETALLE</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i>
01	ASTM-53, DIAM 2.5 [in]	metros	8
02	ASTM-53, DIAM 2. [in]	metros	15
03	ASTM-53, DIAM 1. [in]	metros	19
04	REDUCTOR, DIAM 1. [in] – 0.5 [in]	unidad	7
05	CODOS, DIAM 2.5 [in]	unidad	2
06	CODOS, DIAM 2. [in]	unidad	1
07	CODOS, DIAM 1. [in]	unidad	4
08	TEE, DIAM 1. [in]	unidad	7
09	YEE, DIAM 2. [in]	unidad	1
10	VALVULAS GLOBO, DIAM 2.5 [in]	unidad	2
11	VALVULAS GLOBO, DIAM 2. [in]	unidad	4
12	VALVULAS CHECK, DIAM 2.5 [in]	unidad	1
13	VALVULAS GLOBO, DIAM 1. [in]	unidad	2
14	TANQUE DE PRESION 35[psi], r=32[cm], h= 200[cm]	unidad	2
15	BOMBA CENTRIFUGA, 3 HP	unidad	1

**TABLA 10****CIRCUITO DE COMBUSTIBLE**

<i>ITEM</i>	<i>DETALLE</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i>
01	ASTM-53, DIAM 2.5 [in]	metros	13
02	CODOS, DIAM 2.5 [in]	unidad	2
03	TEE, DIAM 2.5 [in]	unidad	1
04	VALVULAS GLOBO, DIAM 2.5 [in]	unidad	2
05	VALVULAS CHECK, DIAM 2.5 [in]	unidad	2
06	BOMBA CENTRIFUGA MARCA “VIKING”, IMPELLER DE VITRON 0.5 HP	unidad	2

TABLA 11

## CIRCUITO DE ACHIQUE Y CONTRAINCENDIO

<i>ITEM</i>	<i>DETALLE</i>	<i>UNIDA D</i>	<i>CANTIDAD</i>
01	ASTM-53, DIAM 1 1/4 [in]	metros	15
02	ASTM-53, DIAM 2 1/2. [in]	metros	7
03	ASTM-53, DIAM 1. [in]	metros	6
04	ASTM-53. DIAM 1 1/2 [in]	unidad	5
05	CODOS, DIAM 1 1/4 [in]	unidad	4
06	CODOS, DIAM 1. [in]	unidad	4
07	CODOS, DIAM 2 1/2. [in]	unidad	4
08	TEE, DIAM 1. [in]	unidad	7
09	VALVULAS PASO 2. [in]	unidad	3
10	VALVULAS GLOBO, DIAM 2.5 [in]	unidad	6
11	VALVULAS GLOBO, DIAM 2. [in]	unidad	4
12	VALVULAS CHECK, DIAM 2.5 [in]	unidad	2
13	VALVULAS GLOBO, DIAM 1. [in]	unidad	4
14	MANGUERAS CAUCHO Y LONA 1", 1 1/4", 1 1/2"	unidad	6
15	BOMBA CENTRIFUGA, 2 HP, 240 VOLTIOS	unidad	2

**3.8 PROTECCIONES: CATODICA Y PINTURAS.****3.8.1 SISTEMA DE PROTECCION CATODICA.**

Casi todos los recubrimientos son usados como la principal prevención de la corrosión en superficies metálicas, un método suplementario es necesitado para los cascos y apéndices de buques que están bajo el agua para seguridad contra fallas en la pintura como porosidad, adhesión pobre, abrasión, envejecimiento y erosión. La protección catódica puede sucesivamente disminuir o controlar la corrosión de metales en un medio marino.

La protección catódica es una técnica que reduce la velocidad de corrosión en la superficie de un metal, haciéndolo el cátodo en una celda electroquímica. Dicha celda está compuesta por un cátodo, un ánodo y un medio conductor llamado electrolito. Al entrar en contacto el cátodo y el ánodo en dicho medio, un flujo de electrones viajará desde el ánodo hacia el cátodo, protegiéndose de esta manera el cátodo. Este proceso será continuo siempre que el cátodo y el ánodo estén conectados, bien sea directamente o a través de una fuente rectificadora, y permanecerá así hasta que el ánodo se consuma por completo. Los tipos de protección catódica usados por la Armada de acuerdo al manual NAVSEA [9], son los siguientes:

- Sistema de Anodos de Sacrificio
- Sistema de Corriente Impresas

El *sistema de ánodos de sacrificio* está basado sobre la teoría que un metal menos noble, cuando unido a un metal más noble en un medio corrosivo, genera una corriente de suficiente magnitud para proteger al metal más noble; por lo tanto, él a su vez es sacrificado. Tal es el caso cuando el magnesio, aluminio o ánodo de zinc es pegado al casco de un buque que se disuelve lentamente, generando una corriente que protege el casco y sus apéndices contra la corrosión, eliminando ánodos y cátodos locales en el casco. La desventaja con este tipo de sistema de protección es el reemplazo periódico de ánodos requeridos.

El *sistema de corrientes impresas* puede usarse en lugar de los ánodos de sacrificio. Este sistema está compuesto por ánodos en forma de discos cerámicos instalados en el casco externo del buque. Los ánodos son instalados en forma distribuida a lo largo de la eslora de la unidad. La energía del sistema es suministrada por un rectificador enfriado por aceite. Además tiene un sistema de monitoreo que consiste en celdas de referencia permanentes de plata/cloruro de plata instaladas en dos puntos seleccionadas en el casco externo del buque. La vida mínima de las celdas de referencia es de 20 años. La estructura metálica de un buque se considera protegida catódicamente, cuando su potencial activo medido con la celda de referencia de plata/cloruro de plata con respecto al agua de mar es igual a  $-800\text{MV}$  o mayor (en cifras negativas). Para el diseño de la protección del casco de nuestro remolcador, escogeremos el sistema de ánodos de sacrificio, el cual es más económico, para lo cual tenemos que obtener el área aproximada de la superficie mojada (incluyendo apéndices), que puede ser calculada por la siguiente fórmula simplificada:

$$W = 1.7 * L * T + (V / T)$$

Datos:

W = superficie mojada del casco, apéndices en pie cuadrado.

L = eslora entre perpendiculares, pie.

T = calado medio moldeado a full desplazamiento, pie.

$V =$  volumen moldeado de desplazamiento, pie<sup>3</sup>, (aprox. 35 pie<sup>3</sup> por tonelada larga para agua de mar).

La medida de los ánodos de zinc será de 6"x12"x1 1/4" con un peso de 23 libras. El número (N) de zines requeridos en la obra viva del casco, está determinado a partir del área mojada (W), como sigue:

- Sistema Completo (2 años de vida)

$$N = 9.8 * W / 1000$$

El cálculo del sistema de protección del casco para nuestro diseño es el siguiente:

Datos:

$$L = 58.76 \text{ pies}$$

$$T = 7.365 \text{ pies}$$

$$V = 139.99 * 35 = 4899.86 \text{ pies}^3$$

$$W = ?$$

Reemplazando los datos en las fórmulas del área mojada del casco y números de ánodos tenemos:

$$W = 1.7 * 58.76 * 7.365 + (4,899.86 / 7.365)$$

$$W = 1,400.99 \text{ pie}^2$$

$$N = 9.8 * 1400.99 / 1000$$

$$N = 14 \text{ ánodos de zinc}$$

***Disposición de ánodos en el área de la sección media.*** Las dos terceras partes de la cantidad necesaria de ánodos calculados para dar una completa protección, se deberán instalar en partes iguales a babor y estribor de la quilla; es decir se colocarán en esta área 08 zines.

***Disposición de ánodos en el área de popa.*** El un tercio restante de zines, se instalará en partes iguales a babor y estribor de la línea de quilla; es decir se colocarán en esta área 06 zines. La superficie bajo el zinc deberá ser cubierto con el respectivo sistema anticorrosivo para la obra viva, especificado en el siguiente punto. Como precaución no deberá pintarse la superficie del ánodo de zinc. Los zunchos para asegurar el ánodo a la superficie del casco deberán ser soldados. Además los ánodos no se deberán instalar en el propulsor y eje propulsor.

### **3.8.2 SISTEMA DE APLICACIÓN DE PINTURAS.**

Durante la ***limpieza previa***, el metal debe estar completamente libre de humedad, grasa y otros contaminantes como el óxido, pinturas deterioradas o escama de laminación deben ser eliminadas. La limpieza de superficie se puede obtener con chorro abrasivo metal casi blanco, con un perfil de rugosidad de 25 a 37 micrones. Todo sistema de protección está compuesto de capas sucesivas de productos afines entre



sí. En los casos más complejos se utilizan acondicionadores de superficie, bases anticorrosivas, pintura de refuerzo o intermedia y pintura de acabado o decorativa.

Las **Bases Anticorrosivas** denominadas primers o imprimantes anticorrosivas, esta capa es la más importante de todo el sistema de protección porque debe adherirse al metal, con resistencia a la corrosión y poseer un alto grado de compatibilidad a la segunda capa y a su vez a las siguientes capas, formando entre sí un recubrimiento compacto. Estas bases deben ser epóxicas de altos sólidos, es decir con componentes para superficies a metal.

Las **Pinturas Intermedias**, también denominadas de refuerzos o barrera o sanduche, porque deben aislar la base anticorrosiva del contacto de los agentes corrosivos. Estas pinturas deben ser compatibles con la base de la primera capa y con las pinturas de acabado, también proporcionan un alto espesor de la película. De ser necesario se debe cambiar el color para un mejor control visual de las siguientes capas. Estos productos pueden ser aplicados sobre la mayoría de recubrimientos antiguos, alquídicos, epóxicos, alquitrán y primer rico en zinc.

Las **Pinturas de Acabados** se utilizarán básicamente para embellecer y proteger las superficies. Estos tipos de pintura evitan y controlan la

adherencia de incrustaciones, algas marinas, facilitando así el desplazamiento de las embarcaciones a velocidades superiores y disminuyendo el consumo de combustible. El espesor del recubrimiento puede variar para adecuarlo a la durabilidad esperada. Estas pinturas autopulimentables (antifouling) están compuestas de polímeros acrílicos modificados que logran fácilmente los espesores estándares.

## **CAPITULO 4**

### **4. PRESUPUESTO Y PLANIFICACION.**

#### **4.1 PRESUPUESTO.**

Para estimar el presupuesto aproximado para la construcción de nuestra embarcación, se presenta en la Tabla 12 el desglose de cada uno de los materiales del casco y superestructura con sus respectivos pesos y costos. En la Tabla 13 se detallan cada uno de los equipos y maquinarias en general que serán instalados en el nuevo remolcador. Finalmente en la Tabla 14 se presenta un resumen del presupuesto de construcción, incluyendo los costos por planificación, prueba y mano de obra. A continuación se muestra un detalle de cada uno de los estructurales del casco, superestructura y otros accesorios que serán usados para la construcción de nuestra embarcación. Además la cantidad de planchas y perfiles por cada tipo de material a utilizar, luego el peso de cada pie cuadrado para posteriormente obtener el peso total de material por cada estructural. Cabe destacar que en esta tabla, también se han tomado en cuenta otros estructurales que formarán parte del peso del buque. Finalmente obtenemos el peso total del escantillonado y su

costo total se presenta desglosado en la Tabla 14 como casco, superestructura y accesorios.

**TABLA 12**  
**ESPECIFICACIONES Y TIPOS DE MATERIALES**

ESTRUCTURAL CASCO	TIPO	Cant.	lbs/pie <sup>2</sup>	pie <sup>2</sup>	lbs	tons
Planchaje de fondo	Plancha de 1/4"	15	10,21	1500	15315	6,84
Planchaje de costado	Plancha de 5/16"	18	12,76	1800	22968	10,25
Planchaje de cubierta	Plancha de 5/16"	20	12,76	2000	25520	11,39
Cuaderna de fondo	Plancha 3/8"	5	15,32	500	7660	3,42
Cuaderna de costado	Plancha 5/16"	4	12,76	400	5104	2,28
Baos	Plancha 5/16"	4	12,76	400	5104	2,28
Vagras	PLT 3"x1/4"	12	3,5	39,6	138,6	0,06
Varilla de china	Barra D= 1"	18	5,2		1885	0,84
Palmejares	PLT 3"x5/16"	12	7,75	39,96	309,69	0,14
Longitudinales de cub.	PLT 3"x1/4"	17	3,5	39,6	138,6	0,06
Esloras	Plancha 5/16"	4	12,76	400	5104	2,28
Mamparos estancos	Plancha 1/4"	6	10,21	600	6126	2,73
Ref. mamparos colisión	L 3"x2"x1/4"	21	12,57	141,33	1776,5	0,79
Ref. mamparo estanco	L 3"x2"x3/16"	23	7,75	168	1302	0,58
Quilla	PLT 6"x1"	3	37,71	25	942,75	0,42
Roda	PLT 5"x3/4"	1	32,45	8,4	272,58	0,12
Codaste	PLT 5"x1"	1	37,71	8,4	316,76	0,14
Superestructura						
Mamparo frontal	Plancha 3/16"	2	7,76	200	1552	0,69
Mamparo lateral y post.	Plancha 3/16"	6	7,76	600	4656	2,08
Refuerzo horizontales	PLT 4"x1/4"	5	4,2	16,6	69,72	0,03
Refuerzos verticales	PLT 2"x1/4"	5	3,5	16,6	58,1	0,03
Cubiertas	Plancha 5/16"	4	12,76	400	5104	2,28
Baos	T 3"x2,5"x5/16"	3	25,2	97,5	2457	1,10
Esloras	T 3"x2,5"x5/16"	1	25,2	32,3	813,96	0,36
Refuerzos longitud.	PLT 3"x1/4"	1	3,5	3,32	11,62	0,01
Otros Estruct.						
Regala	Plancha 1/4"	7	12,57	700	8799	3,93
Refuerzos de regala	Plancha 1/4"	1	12,57	100	1257	0,56
Arbotante	Plancha 1 1/4"	1	87,99	8	703,92	0,31
Pala del timón	Plancha 3/8"	1	37,41	35	1309,3	0,58
Refuerzo del timón	PLT 1 1/2"x3/8"	2	22,4	12,2	273,28	0,12
Bases para máquinas	Plancha 1/2"	6	25,14	195	4902,3	2,19
Tanques	Plancha 1/4"	5	7,75	500	3875	1,73
<b>PESO TOTAL (ton)</b>						<b>60,64</b>

TABLA 13

## EQUIPOS Y MAQUINARIA EN GENERAL

DESCRIPCION	CANT.	UNIT.	TOTAL
Motor CAT de 660 HP con reductor WAF364	2U	78.720,0	157.440,0
Barra de acero AQUAMET 17 de 2" (ejes baron pala)	6M	250,0	1.500,0
Hélices	2U	21.124,0	42.248,0
Eje propulsor AQUAMET 17	12M	548,0	6.576,0
Timón (volante) de madera de 27,5"	1U	965,0	965,0
Placas de zinc electrolítico de 23 libras	14U	140,0	1.960,0
Inodoro tipo naval con grifería	3U	200,0	600,0
Lavamanos tipo naval con grifería	2U	140,0	280,0
Ducha completa cromada con grifería	2U	65,0	130,0
Bomba de achique y sanitaria de bronce 1 1/2 HP 3"-220V	1U	1.800,0	1.800,0
Bomba de agua dulce de 1/2 HP 2"	2U	1.200,0	2.400,0
Bomba manual para combustible de 1 1/2 HP	1U	650,0	650,0
Tanque de presión de 50 galones de capacidad	1U	200,0	200,0
Accesorios para circuito de achique	1SET	2.000,0	2.000,0
Accesorios para circuito de agua dulce	1SET	2.000,0	2.000,0
Banco CO2 de 30 lbs con disparador automático	1SET	1.500,0	1.500,0
Mangueras de lona de 1 1/2" de 80'	2U	245,0	490,0
Bomba C.I. Portatil de gasolina	1U	400,0	400,0
Ancla tipo POOL de 105 KG	1U	1.682,0	1.682,0
Cadena de acero galvanizado d=16mm (eslabón corto)	100M	18,5	1.850,0
Cabrestante de la cadena	1U	11.250,0	11.880,0
Sistema de Gobierno	1U	8.800,0	8.800,0
Tubo de acero de 219mm x 12mm (bitas amarre costados)	10M	56,0	560,0
Tubo de acero de 355mm x 16mm (bitas amarre popa)	8M	78,0	624,0
Tubo de acero de 323,9mm x 14mm (bitas amarre proa)	1M	62,0	62,0
Cabo de nylon de 1 1/4" (80 mts)	280LBS	3,5	980,0
Ventanas de aluminio fijas	9U	175,0	1.575,0
Ventanas de aluminio correderas	2U	125,0	250,0
Balsas salvavidas para 10 personas	1U	3.000,0	3.000,0
Boyas circulares con luz de señalización	6U	100,0	600,0
Campana de bronce de 35 libras	1U	560,0	560,0
Generadores	2U	35.000,0	70.000,0
Banco de baterías de 12 V 195 AMP 33 placas	6U	160,0	960,0
Tablero de distribucioón de 24-12 VDC	1U	800,0	800,0
Materiales eléctricos y electrónicos	1U	39.000,0	39.000,0
Sistema de aire acondicionado	1U	85.000,0	85.000,0
Radar Furuno mod. 821-24 millas	1U	5.100,0	5.100,0
Navegador satélite GPS Magallanes MOD-MAV L 200XL	1U	1.450,0	1.450,0
Ecosonda Furuno NS 600	1U	1.300,0	1.300,0
Radio VHF President con antena	1U	940,0	940,0
Radio HF Marino ICM 7010	1U	4.300,0	4.300,0

**TABLA 14**  
**RESUMEN DE PRESUPUESTO**

DESCRIPCION	MANO DE OBRA		MATER.	TOTAL
	H/H	COSTO		
Servicios	400	2,000.00	1,200.00	3,200.00
Diseño	960	7,680.00	5,500.00	13,180.00
Adec. Espacio y Herrts.	760	3,800.00	850.00	4,650.00
Galibos y Cama Constr.	600	3,000.00	2,100.00	5,100.00
Casco	13000	65,000.00	43,400.00	108,400.00
Superestructura	3000	15,000.00	9,500.00	24,500.00
Accesorios	2800	14,000.00	11,500.00	25,500.00
Sistema de propulsión	2000	10,000.00	170,600.00	180,600.00
Sistema de Gobierno	1500	7,500.00	8,800.00	16,300.00
Circuito Combustible	670	3,350.00	4,500.00	7,850.00
Sistema de Achique	750	3,750.00	7,200.00	10,950.00
Sistemas Auxiliares	1800	9,000.00	13,000.00	22,000.00
Sistema Aire Acondic.	1450	7,250.00	85,000.00	92,250.00
Sist. Electri. Electro.	1870	14,960.00	106,000.00	120,960.00
Sistema Fondeo Amarr.	660	3,300.00	11,600.00	14,900.00
Equipos de Salvamento	420	2,100.00	4,870.00	6,970.00
Habitab. y Equipamiento	4500	22,500.00	20,250.00	42,750.00
Pintura y Protec. Catod.	500	2,500.00	12,000.00	14,500.00
Varada y Desvarada	800	4,000.00	750.00	4,750.00
Pruebas	850	4,250.00	2,500.00	6,750.00
<b>TOTALES</b>	<b>39290</b>	<b>204,940.00</b>	<b>521,120.00</b>	<b>726,060.00</b>
Costo de Producción	726,060.00			
Imprevistos 5%	36,303.00			
Utilidad 10%	72,606.00			
Seguro 2%	14,521.00			
Garantía 3%	21,781.00			
<b>Costo Total (Dólares)</b>	<b>871,272.00</b>			

- El precio de diseño y el paquete de materiales, para la construcción del remolcador de las características antes mencionadas en el presente estudio, ascenderá a:

**US\$ 513,720.00**

- El precio del remolcador, construido en Astilleros Navales Ecuatoriano, ascenderá a:

**US\$ 871,272.00**

## 4.2 PLANIFICACION.

En la planificación para la construcción del remolcador diseñado, se presenta un estimado del hombre hora que será utilizado en la producción durante la construcción, tomando en cuenta la mano de obra en cada uno de los sistemas. La Tabla 14, nos presenta el total de horas-hombre que es de 31.124 para todo el proyecto. Finalmente se presenta un cronograma de trabajo con cada una de las actividades que se desarrollarán durante la construcción, en donde podemos observar que el proyecto durará aproximadamente seis meses, siempre y cuando no existan demoras en la adquisición de los materiales, que pueda retrasar temporalmente ciertas actividades durante la construcción.

La adquisición de materiales se ha considerado como crítica, ya que muchas veces la importación de los mismos se realiza con dificultades, y esto hace que las actividades de construcción se retrasen; por tal motivo se ha considerado cuatro meses para los trámites de adquisición, desde el inicio del proyecto. Para los montajes de los sistemas de propulsión, gobierno y equipamiento en general, todo el material debe estar en bodega listo para ser instalado.

La actividad habitabilidad y equipamiento será subcontratada, debido a que nuestro Astillero no realiza dichos trabajos, ésta empezará cuando esté





## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Finalizado el diseño preliminar de un remolcador prototipo para la Armada del Ecuador y tomando en cuenta los resultados obtenidos, se ha llegado a las conclusiones y recomendaciones siguientes:

### **CONCLUSIONES**

- 1.** Los remolcadores actuales con que cuenta la Armada del Ecuador, son obsoletos, ya que cuentan con equipos y maquinarias antiguos, con lo cual es imposible dar un servicio adecuado en las operaciones a las que son asignados.
- 2.** Luego de los resultados obtenidos en el presente estudio y teniendo en Astilleros Navales Ecuatorianos excelente mano de obra nacional, se sugiere que la construcción de nuestro remolcador es factible realizarlo en el país a un costo inferior, comparado con el del mercado internacional que asciende aproximadamente a US\$ 1.250.000,00 construido en Cuba.
- 3.** Los variados elementos de cálculos que poseen en la actualidad la ESPOL y ASTINAVE son de primer orden, que permiten diseñar y construir este tipo de embarcaciones.

## RECOMENDACIONES

1. La Armada por medio de sus repartos técnicos, debería realizar el diseño constructivo del presente estudio, para que en el futuro la Fuerza Naval cuente con un remolcador moderno, con el fin de brindar un mejor servicio, cumpliendo así con las expectativas de operación para el cual fue diseñado.
2. Es necesario que la Armada considere en un presupuesto futuro la construcción de un nuevo remolcador, basado en este diseño preliminar, ya que en este estudio se incluye un presupuesto referencial de construcción.
3. La FIMCM debe seguir impulsando la realización de tesis como la actual, que permiten tener una base para el desarrollo de la construcción naval en el país.

## **ANEXOS**

## **ANEXO A**

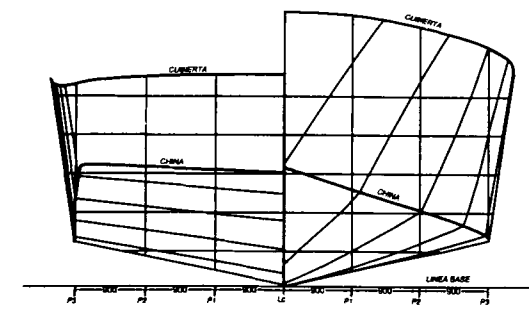
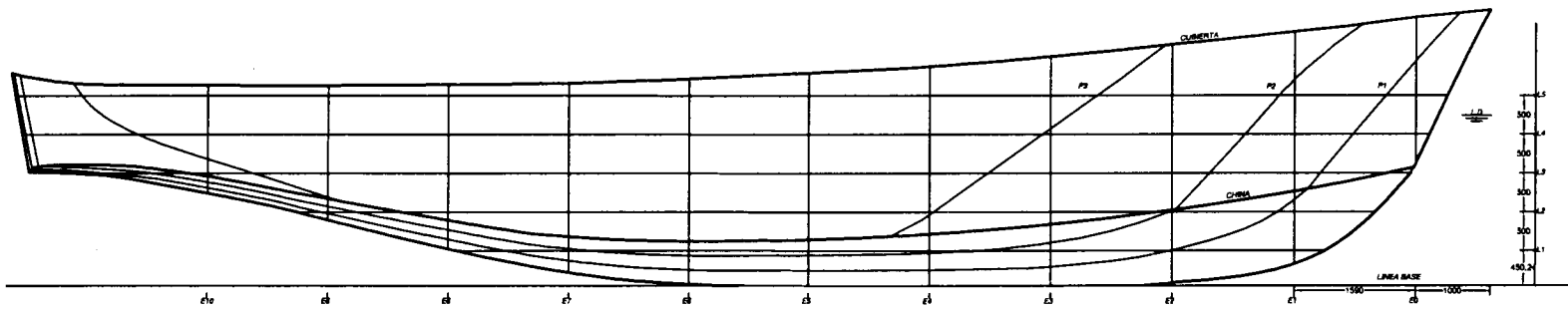
### **CUADRO COMPARATIVO DE REMOLCADORES EXISTENTES**

### CUADRO COMPARATIVO DE REMOLCADORES EXISTENTES

CARACTERISTICAS	SANGAY	COTOPAXI	ILLINIZA	ALTAR
ESLORA (Mts.)	32	22,9	14,9	14,9
MANGA (Mts.)	8	7,2	4,5	4,5
CALADO (Mts.)	3,25	3,04	1,23	1,23
DESPLAZAMIENTO (Ton.)	380	180	34	34
POTENCIA MOTOR (Hp.)	1200	560	340	340
VELOCIDAD MOTOR (RPM)	300	900	1800	1800
REDUCCION	NO	3 - 1	4,5 - 1	4,5 - 1
BOLLARD PULL (Ton-Fuerza)	38	18	12	12
VELOCIDAD HELICE (RPM)	1200	300	400	400
VELOCIDAD REMOLQUE (Nudos)	8	8	8	8
ESPACIAMIENTO CUADERNAS (cm)	1,85	1,55	1,36	1,36
CONSUMO COMBUSTIBLE (Gal/Hr)	68	30	7	7
TRIPULACION	8	8	4	4
AÑO DE CONTRUCCION	1938	1941	1977	1977

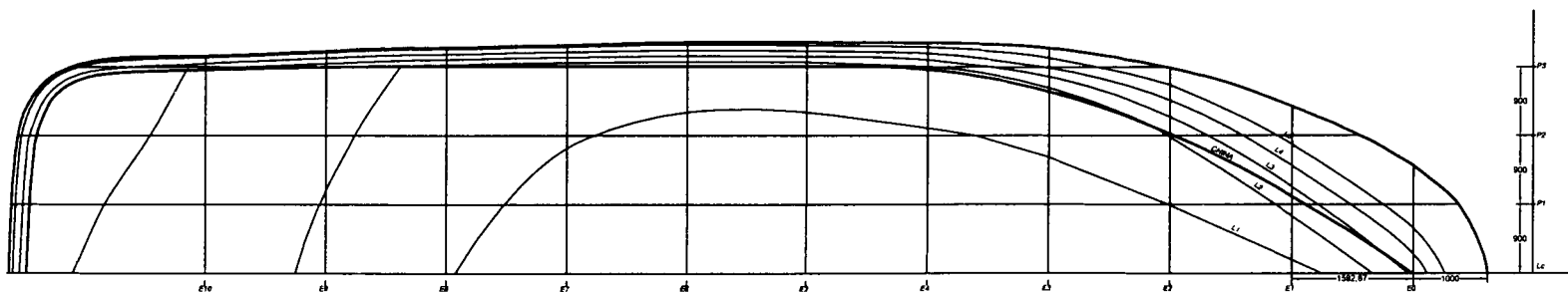
# **ANEXO B**

## **PLANO DE LINEAS DE FORMAS**



### CARACTERISTICAS PRINCIPALES

ESLORA	19.50	mts.
MANGA	6.04	mts.
PUNTAL	2.70	mts.
CALADO	2.19	mts.
DESPLAZAMIENTO	135	ton.
TPcm	0.97	ton/cm
KML	18.39	mts
KMT	3.17	mts
Cb	0.54	
Cp	0.68	
Csm	0.79	
Cwp	0.89	
Awp	94.80	m <sup>2</sup>



VISTA DE PLANTA

ARMADOR	RESP. TECN.
ARMADA NACIONAL	KLEBER GUTIERREZ W.
Proyecto <b>Diseño Preliminar de un Remolcador Prototipo para la Armada Nacional</b>	
Plano <b>Líneas de Formas</b>	
Fecha	Escala
ABRIL/2003	1 : 100
No Plano	Revelon
3	2

# **ANEXO C**

## **CURVAS HIDROSTATICAS**



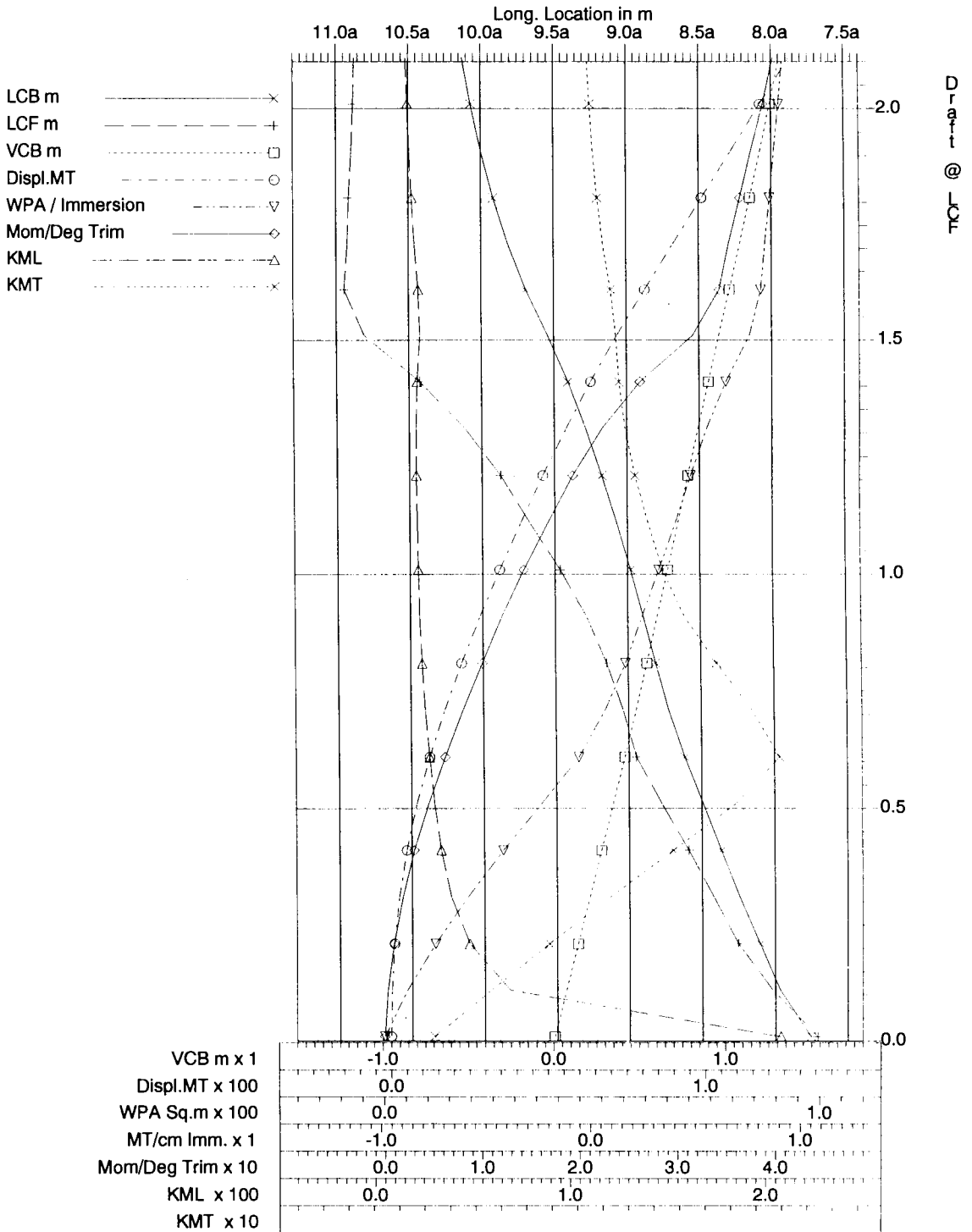
**REMOLCADOR.GF**  
**HYDROSTATIC PROPERTIES**  
**No Trim, No Heel, VCG = 0.000**

LCF Draft	Displacement Weight(MT)	Buoyancy Ctr.		Weight/ cm	LCF	Moment/ deg Trim	KML	KMT
		LCB	VCB					
0.010	0.00	7.756a	0.007	0.00	7.710a	0.00	208.06	0.111
0.110	0.28	7.967a	0.076	0.06	8.018a	0.34	69.63	1.224
0.210	1.16	8.104a	0.145	0.12	8.254a	0.99	48.94	2.371
0.310	2.77	8.243a	0.214	0.20	8.419a	1.91	39.61	3.562
0.410	5.18	8.368a	0.283	0.28	8.591a	3.11	34.42	4.804
0.510	8.46	8.491a	0.353	0.37	8.774a	4.61	31.18	6.026
0.610	12.67	8.617a	0.422	0.46	8.948a	6.35	28.73	6.891
0.710	17.62	8.724a	0.490	0.53	9.038a	8.23	26.75	6.350
0.810	23.14	8.811a	0.554	0.57	9.148a	10.23	25.32	5.673
0.910	29.09	8.895a	0.617	0.61	9.285a	12.26	24.15	5.048
1.010	35.43	8.980a	0.678	0.65	9.466a	14.55	23.52	4.630
1.110	42.17	9.075a	0.740	0.69	9.672a	17.05	23.16	4.347
1.210	49.29	9.176a	0.800	0.73	9.871a	19.62	22.80	4.098
1.310	56.78	9.284a	0.861	0.77	10.115a	22.67	22.87	3.910
1.410	64.69	9.404a	0.922	0.81	10.426a	26.56	23.52	3.793
1.510	73.10	9.544a	0.984	0.87	10.810a	31.97	25.06	3.735
1.610	81.98	9.692a	1.047	0.90	10.946a	34.71	24.26	3.638
1.710	90.99	9.814a	1.107	0.91	10.925a	35.67	22.46	3.490
1.810	100.11	9.915a	1.167	0.92	10.915a	36.84	21.08	3.382
1.910	109.34	9.999a	1.225	0.93	10.896a	37.97	19.90	3.298
2.010	118.67	10.069a	1.283	0.94	10.882a	39.23	18.94	3.236
2.110	128.12	10.129a	1.340	0.95	10.876a	40.28	18.01	3.188

Distances in Meters. Water Specific Gravity = 1.025. Moment in m-MT.  
Draft is from Baseline.

REMOLCADOR.GF

Hydrostatic Properties at Trim = 0.00a, Heel(Deg.) = 0.00s



Specific Gravity = 1.025 Assumed KG = 0.000  
 K = Baseline

**REMOLCADOR.GF**

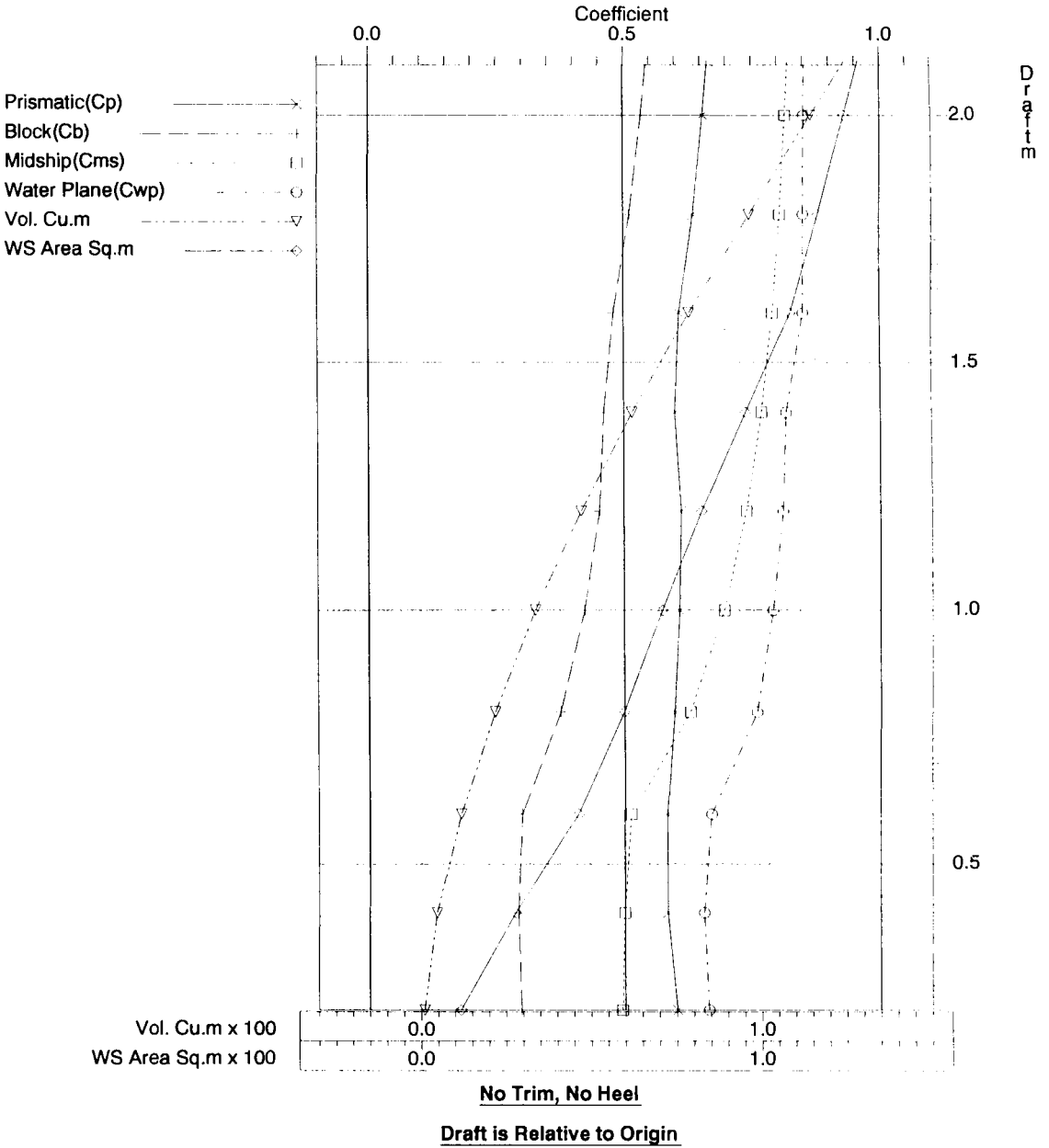
**Hull Form Coefficients (with appendages) No Trim, No Heel**

Draft m	Volume Cu.m	Coefficients					WS Area	
		Cp	Cb	Cms	Cwp	Cv	Cws	Sq.m
0.110	0.3	0.619	0.308	0.498	0.679	0.454	3.872	5.6
0.210	1.1	0.600	0.297	0.495	0.664	0.447	3.838	12.4
0.310	2.7	0.583	0.291	0.499	0.650	0.448	3.823	20.2
0.410	5.1	0.583	0.291	0.500	0.654	0.445	3.849	28.7
0.510	8.3	0.583	0.288	0.494	0.652	0.442	3.859	37.9
0.610	12.4	0.582	0.303	0.520	0.675	0.448	3.818	47.1
0.710	17.2	0.589	0.344	0.584	0.728	0.472	3.640	54.2
0.810	22.6	0.598	0.378	0.632	0.760	0.497	3.470	60.4
0.910	28.4	0.604	0.404	0.670	0.777	0.520	3.314	66.0
1.010	34.6	0.608	0.424	0.698	0.792	0.536	3.200	71.7
1.110	41.1	0.610	0.440	0.722	0.804	0.548	3.114	77.6
1.210	48.1	0.611	0.452	0.740	0.810	0.558	3.034	83.3
1.310	55.4	0.604	0.457	0.756	0.811	0.563	2.962	89.3
1.410	63.1	0.599	0.461	0.769	0.818	0.563	2.930	96.3
1.510	71.3	0.594	0.464	0.781	0.833	0.556	2.919	104.2
1.610	80.0	0.610	0.482	0.790	0.849	0.568	2.875	109.0
1.710	88.8	0.624	0.498	0.799	0.849	0.587	2.829	113.4
1.810	97.7	0.636	0.513	0.806	0.851	0.603	2.783	117.3
1.910	106.7	0.647	0.525	0.812	0.852	0.617	2.741	121.0
2.010	115.8	0.656	0.536	0.817	0.853	0.628	2.707	124.8
2.110	125.0	0.664	0.546	0.821	0.853	0.640	2.678	128.7

NOTE: Coefficients calculated based on true waterline length at given draft

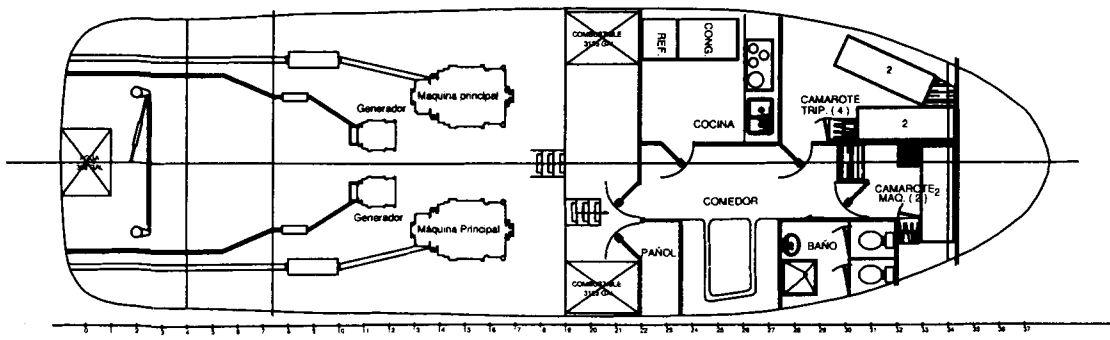
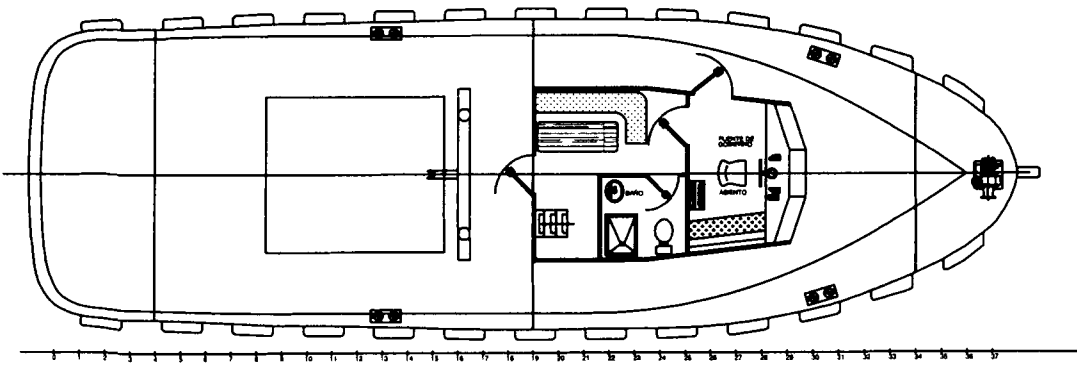
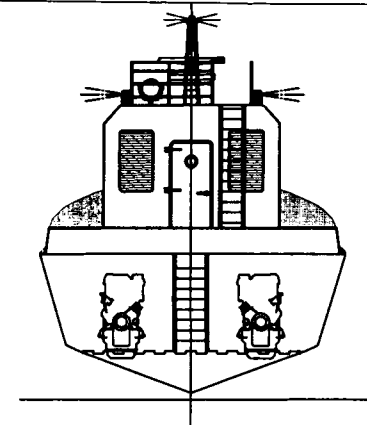
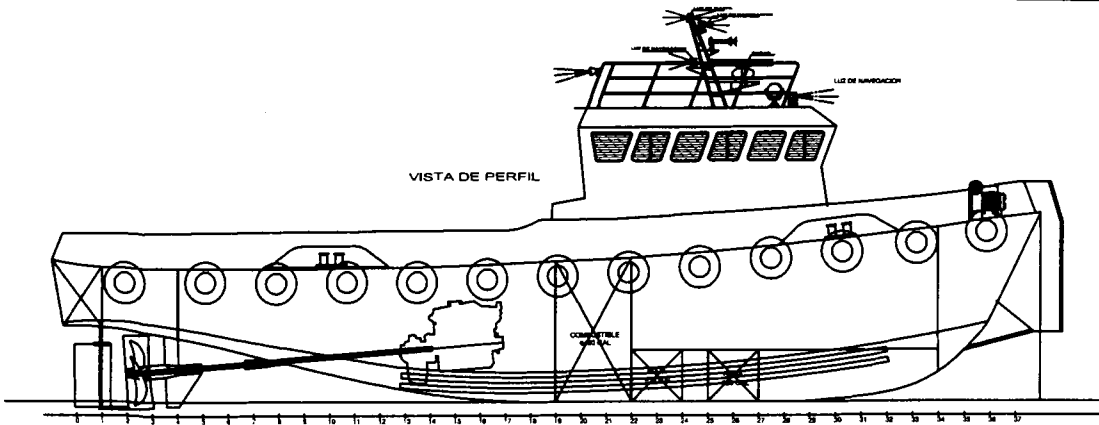
Form...

**Curves of Form(with appendages)**



# **ANEXO D**

## **PLANO DE DISTRIBUCION GENERAL**



**CARACTERISTICAS PRINCIPALES**

ESLORA	19.50 mts.
MANGA	6.04 mts.
PUNTAL	2.70 mts.
CALADO	2.19 mts.
DESPLAZAMIENTO	105.886 ton.
TPcm	0.92 ton/cm
KML	21.695 mts
KMT	3.378 mts
Cb	0.534
Cp	0.561
Csm	0.809
Cwp	0.874
Awp	90.805 m <sup>3</sup>

ARMADOR	RESP. TECH.
ARMADA NACIONAL	KLEBER GUTIERREZ W.
Proyecto	Diseño Preliminar de un Remolcador Prototipo para la Armada Nacional
Plano	Distribución General
Fecha	ABRIL/2003
Escala	1 : 150
No Plano	01
Revistas	1/1

# **ANEXO E**

## **ANALISIS DE ESTABILIDAD INTACTA**

**ANALISIS DE ESTABILIDAD INTACTA  
CONDICIÓN No 1: LIGERO**

**Floating Status**

Draft FP	1.717 m	Heel	zero	GM(Solid)	2.070 m
Draft MS	1.826 m	Equil	Yes	F/S Corr.	0.000 m
Draft AP	1.934 m	Wind	0.0 kn	GM(Fluid)	2.070 m
Trim	aft 0.64 deg.	Wave	No	KMT	3.445 m
LCG	10.289a m	VCG	1.375 m	TPcm	0.88

**Loading Summary**

Item	Weight (MT)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)
Light Ship	78.83	10.270a	0.000	1.42
Deadweight	8.40	10.471a	0.000	0.94
Displacement	87.23	10.289a	0.000	1.37

**Fixed Weight Status**

Item	Weight (MT)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)
LIGHT SHIP	78.83	10.270a	0.000	1.420
GENERADORES	1.60	13.250a	0.000	0.650
MOTORES	4.80	11.200a	0.000	0.900
VARIOS	2.00	6.500a	0.000	1.300
<b>Total Weight:</b>	<b>87.23</b>	<b>10.289a</b>	<b>0.000</b>	<b>1.375</b>

**Displacer Status**

Item	Status	Spgr	Displ (MT)	LCB (m)	TCB (m)	VCB (m)	Eff /Perm
HULL	Intact	1.025	87.24	10.291a	0.000	1.226	1.00
<b>SubTotals:</b>			<b>87.24</b>	<b>10.291a</b>	<b>0.000</b>	<b>1.226</b>	

**Hull Data (with appendages)**

Baseline Draft: 1.717 at Origin  
Trim: aft 0.64 deg.  
Heel: zero

**DIMENSIONS**

Length Overall: 19.460 m    LWL: 18.218 m    Beam: 6.000 m    BWL: 5.513 m  
Volume: 85.114 m<sup>3</sup>    Displacement: 87.242 MT

**COEFFICIENTS**

Prismatic: 0.664    Block: 0.461    Midship: 0.695    Waterplane: 0.854

**RATIOS**

Length/Beam: 3.243    Displacement/length: 402.129    Beam/Depth: 3.267  
MT/ cm Immersion: 0.879

**AREAS**

Waterplane: 85.742 m<sup>2</sup>    Wetted Surface: 109.421 m<sup>2</sup>  
Under Water Lateral Plane: 25.865 m<sup>2</sup>    Above Water Lateral Plane: 19.203 m<sup>2</sup>

**CENTROIDS (Meters)**

Buoyancy: LCB = 10.291 aft    TCB = 0.000 stbd    VCB = 1.226  
Flotation: LCF = 11.239 aft



Under Water LP: 9.251 aft of Origin, 0.788 below waterline.  
 Above Water LP: 8.690 aft of Origin, 0.559 above waterline.

Note: Coefficients calculated based on waterline length at given draft

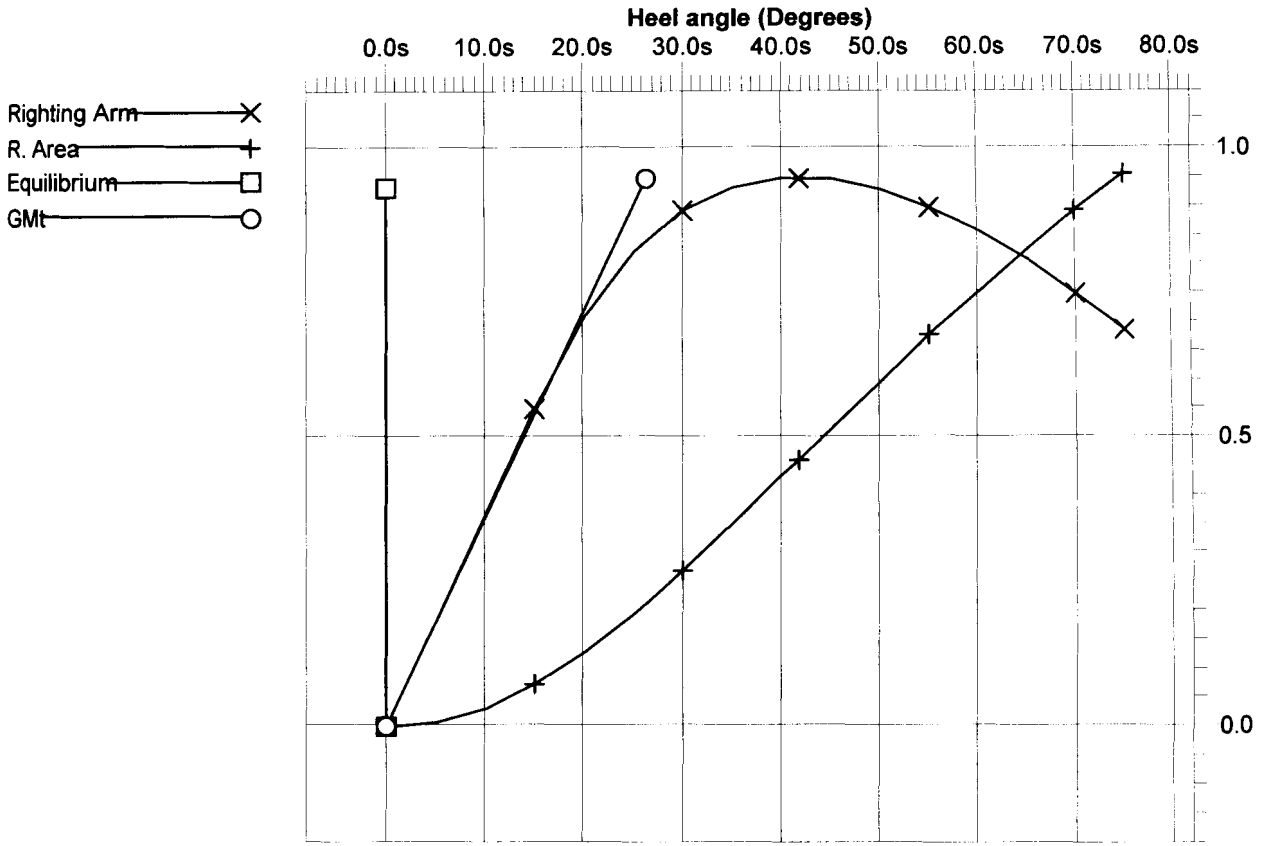
### Righting Arms vs Heel Angle

Heel Angle (deg)	Trim Angle (deg)	Origin Depth (m)	Righting Arm (m)	Area (m-Rad)
0.00	0.64a	1.716	0.000	0.000
5.00s	0.61a	1.709	0.184	0.008
10.00s	0.58a	1.681	0.370	0.032
15.00s	0.49a	1.640	0.550	0.072
20.00s	0.38a	1.577	0.710	0.128
25.00s	0.37a	1.490	0.823	0.195
30.00s	0.41a	1.386	0.894	0.270
35.00s	0.47a	1.272	0.933	0.350
40.00s	0.55a	1.150	0.949	0.432
41.71s	0.57a	1.107	0.949	0.461
45.00s	0.61a	1.022	0.947	0.515
50.00s	0.68a	0.888	0.929	0.597
55.00s	0.74a	0.751	0.899	0.677
60.00s	0.79a	0.611	0.858	0.754
65.00s	0.83a	0.469	0.808	0.826
70.00s	0.87a	0.326	0.750	0.894
75.00s	0.89a	0.182	0.685	0.957

### IMO RESOLUTION A.167

Limit	Min/Max	Actual	Margin	Pass
(1) Area from 0.00 deg to 30.00	>0.0550 m-R	0.270	0.215	Yes
(2) Area from 0.00 deg to 40.00	>0.0900 m-R	0.432	0.342	Yes
(3) Area from 30.00 deg to 40.00	>0.0300 m-R	0.162	0.132	Yes
(4) Righting Arm at 30.00 deg	>0.200 m	0.894	0.694	Yes
(5) Angle from 0.00 deg to MaxRA	>25.00 deg	41.71	16.71	Yes
(6) GM at Equilibrium	>0.150 m	2.070	1.920	Yes

# Righting Arms vs. Heel



**ANALISIS DE ESTABILIDAD INTACTA  
CONDICIÓN No 2: FULL CARGA**

**Floating Status**

Draft FP	2.320 m	Heel	zero	GM(Solid)	1.978 m
Draft MS	2.180 m	Equil	Yes	F/S Corr.	0.000 m
Draft AP	2.040 m	Wind	0.0 kn	GM(Fluid)	1.978 m
Trim	fwd 0.82 deg.	Wave	No	KMT	3.359 m
LCG	10.019a m	VCG	1.381 m	TPcm	0.95

**Loading Summary**

Item	Weight (MT)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)
Light Ship	87.23	10.289a	0.000	1.37
Deadweight	29.34	9.217a	0.000	1.39
Displacement	116.57	10.019a	0.000	1.38

**Fixed Weight Status**

Item	Weight (MT)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)
LIGHT SHIP	87.23	10.289a	0.000	1.375
AGUA (100%)	6.14	9.490a	0.000	0.840
CARGA (100%)	2.00	14.000a	0.000	2.500
COMBUSTIBLE (100%)	20.20	8.750a	0.000	1.380
PASAJEROS	1.00	7.400a	0.000	3.000
<b>Total Weight:</b>	<b>116.57</b>	<b>10.019a</b>	<b>0.000</b>	<b>1.381</b>

**Displacer Status**

Item	Status	Spgr	Displ (MT)	LCB (m)	TCB (m)	VCB (m)	Eff /Perm
HULL	Intact	1.025	116.58	10.020a	0.000	1.424	1.00
<b>SubTotals:</b>			<b>116.58</b>	<b>10.020a</b>	<b>0.000</b>	<b>1.424</b>	

**Hull Data (with appendages)**

Baseline Draft: 2.320 at Origin  
Trim: fwd 0.82 deg.  
Heel: zero

**DIMENSIONS**

Length Overall: 19.460 m    LWL: 18.586 m    Beam: 6.000 m    BWL: 5.654 m  
Volume: 113.733 m<sup>3</sup>    Displacement: 116.577 MT

**COEFFICIENTS**

Prismatic: 0.683    Block: 0.478    Midship: 0.700    Waterplane: 0.883

**RATIOS**

Length/Beam: 3.243    Displacement/length: 505.993    Beam/Depth: 2.650  
MT/ cm Immersion: 0.951

**AREAS**

Waterplane: 92.774 m<sup>2</sup>    Wetted Surface: 124.236 m<sup>2</sup>  
Under Water Lateral Plane: 32.304 m<sup>2</sup>    Above Water Lateral Plane: 12.764 m<sup>2</sup>

**CENTROIDS (Meters)**

Buoyancy: LCB = 10.020 aft    TCB = 0.000 stbd    VCB = 1.424

Flotation: LCF = 10.888 aft

Under Water LP: 8.957 aft of Origin, 0.965 below waterline.

Above Water LP: 9.004 aft of Origin, 0.363 above waterline.

Note: Coefficients calculated based on waterline length at given draft

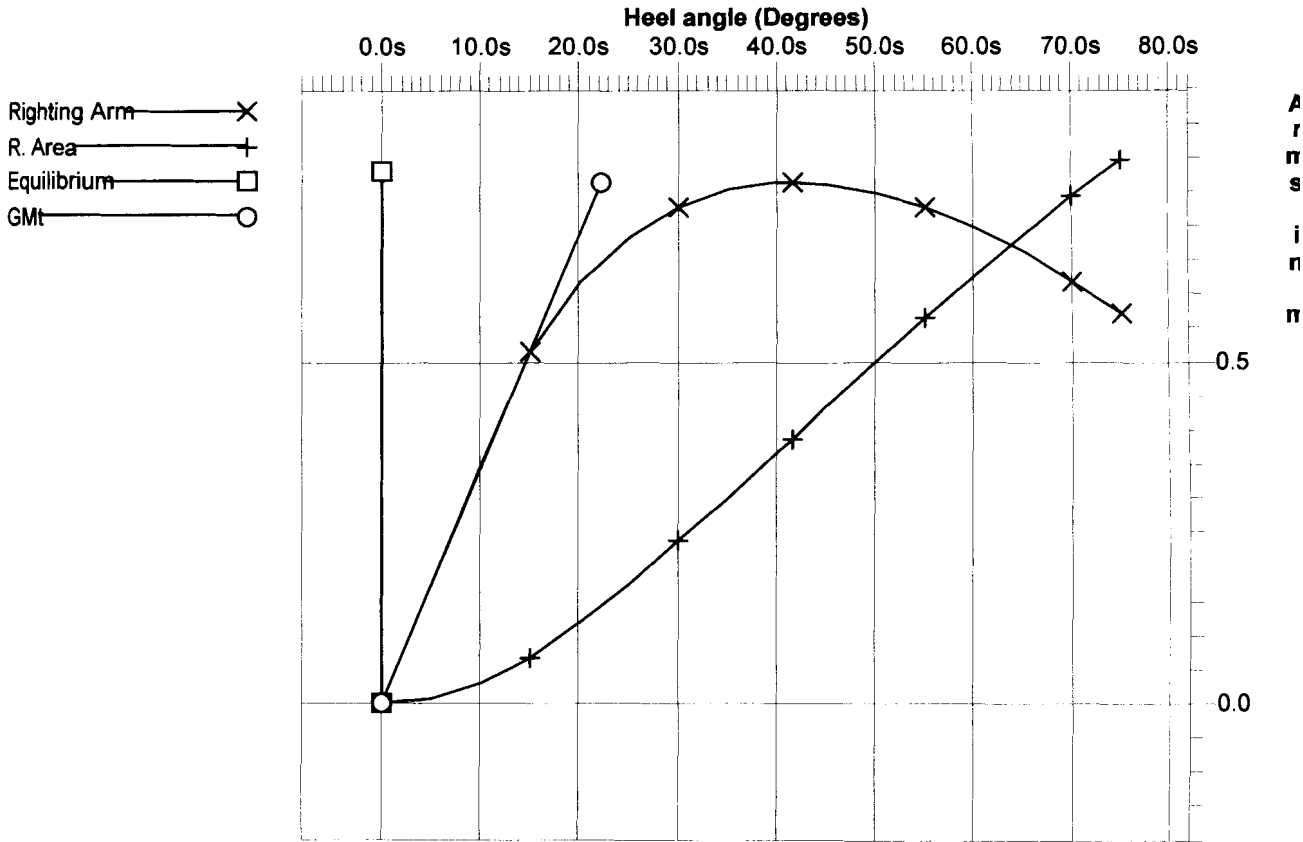
**Righting Arms vs Heel Angle**

Heel Angle (deg)	Trim Angle (deg)	Origin Depth (m)	Righting Arm (m)	Area (m-Rad)
0.00	0.82f	2.320	0.000	0.000
5.00s	0.85f	2.311	0.177	0.008
10.00s	0.84f	2.272	0.355	0.031
15.00s	0.80f	2.207	0.517	0.069
20.00s	0.66f	2.130	0.620	0.119
25.00s	0.48f	2.047	0.686	0.176
30.00s	0.31f	1.960	0.729	0.238
35.00s	0.14f	1.869	0.754	0.303
40.00s	0.03a	1.766	0.764	0.369
41.50s	0.09a	1.733	0.765	0.389
45.00s	0.19a	1.657	0.762	0.436
50.00s	0.35a	1.539	0.749	0.502
55.00s	0.49a	1.413	0.727	0.567
60.00s	0.64a	1.278	0.698	0.629
65.00s	0.77a	1.136	0.662	0.688
70.00s	0.89a	0.989	0.621	0.744
75.00s	1.00a	0.837	0.574	0.796

**IMO RESOLUTION A.167**

Limit	Min/Max	Actual	Margin	Pass
(1) Area from 0.00 deg to 30.00	>0.0550 m-R	0.238	0.183	Yes
(2) Area from 0.00 deg to 40.00	>0.0900 m-R	0.369	0.279	Yes
(3) Area from 30.00 deg to 40.00	>0.0300 m-R	0.131	0.101	Yes
(4) Righting Arm at 30.00 deg	>0.200 m	0.729	0.529	Yes
(5) Angle from 0.00 deg to MaxRA	>25.00 deg	41.50	16.50	Yes
(6) GM at Equilibrium	>0.150 m	1.978	1.828	Yes

# Righting Arms vs. Heel



# **ANEXO F**

## **CURVAS CRUZADAS DE ESTABILIDAD**

REMOLCADOR.GF

**CROSS CURVES OF STABILITY**  
**Righting Arms(Heel) for VCG = 0.00**  
**Trim: zero at Heel = 0 (RA Trim = 0)**

Displacement METRIC TONS	Heel Angles in Degrees					
	5.00s	10.00s	15.00s	20.00s	25.00s	30.00s
17.10	0.519s	0.906s	1.207s	1.453s	1.658s	1.834s
28.47	0.443s	0.829s	1.131s	1.378s	1.587s	1.768s
41.48	0.379s	0.747s	1.063s	1.323s	1.544s	1.738s
56.01	0.343s	0.681s	1.002s	1.277s	1.514s	1.723s
72.24	0.324s	0.639s	0.945s	1.235s	1.488s	1.690s
90.08	0.306s	0.606s	0.901s	1.188s	1.430s	1.611s
108.41	0.289s	0.579s	0.866s	1.118s	1.326s	1.494s
127.17	0.279s	0.559s	0.813s	1.021s	1.198s	1.350s
146.32	0.274s	0.525s	0.730s	0.905s	1.059s	1.197s
165.86	0.250s	0.446s	0.616s	0.771s	0.913s	1.043s

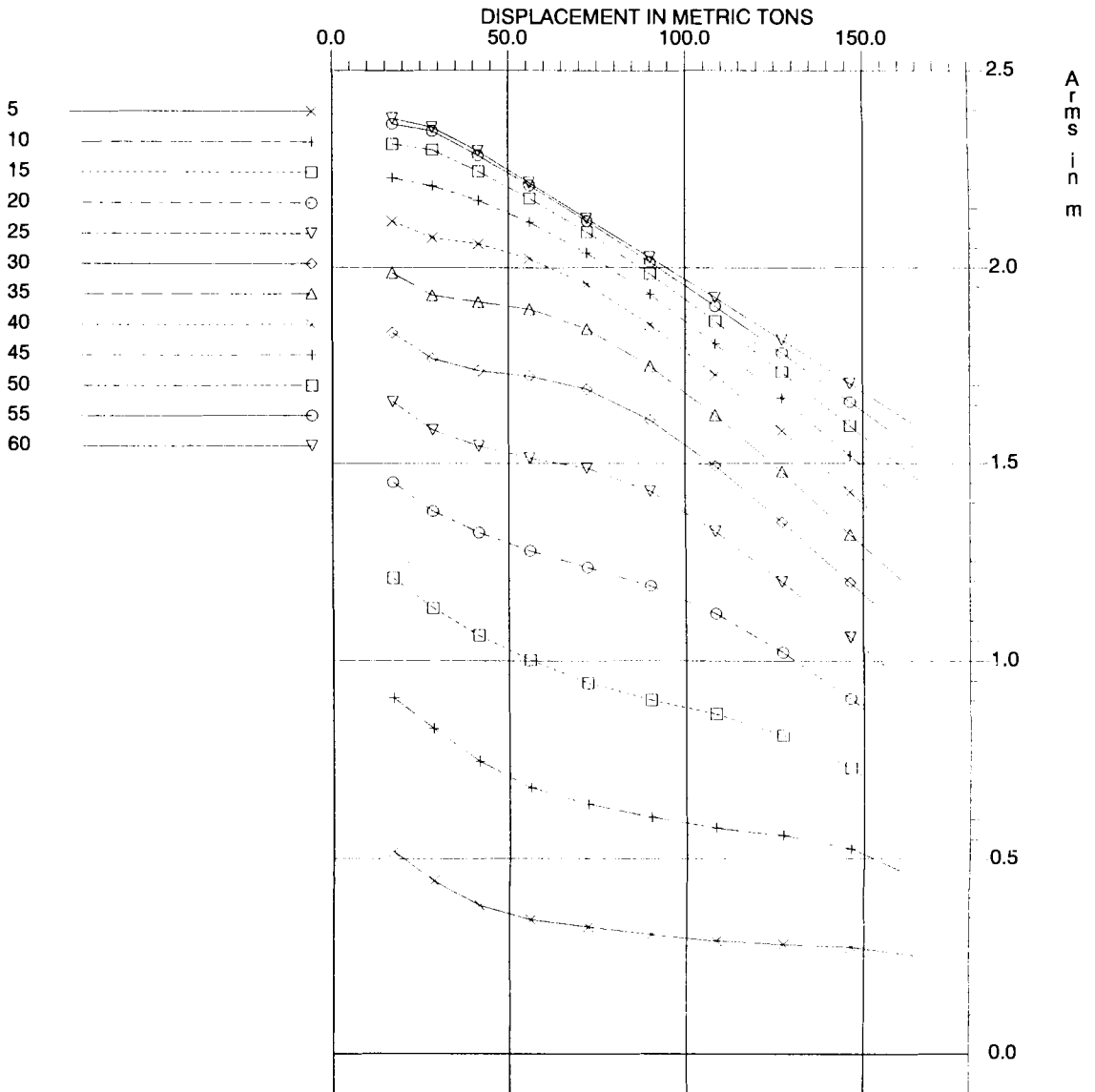
  

METRIC TONS	35.00s	40.00s	45.00s	50.00s	55.00s	60.00s
17.10	1.986s	2.118s	2.227s	2.313s	2.365s	2.378s
28.47	1.929s	2.077s	2.207s	2.299s	2.347s	2.356s
41.48	1.912s	2.060s	2.170s	2.244s	2.285s	2.296s
56.01	1.895s	2.024s	2.116s	2.176s	2.209s	2.215s
72.24	1.843s	1.956s	2.037s	2.091s	2.119s	2.125s
90.08	1.749s	1.854s	1.931s	1.984s	2.015s	2.026s
108.41	1.625s	1.727s	1.806s	1.863s	1.902s	1.923s
127.17	1.479s	1.583s	1.667s	1.734s	1.783s	1.816s
146.32	1.318s	1.427s	1.519s	1.596s	1.658s	1.705s
165.86	1.162s	1.271s	1.369s	1.455s	1.529s	1.590s

Distances in Meters. Water Specific Gravity = 1.025.

Cross Curves continued...

CROSS CURVES OF STABILITY



Trim: zero at Heel = 0, VCG = 0.00



## **ANEXO G**

**CALCULO DEL ESCANTILLONADO PARA UN REMOLCADOR SEGÚN  
REGLAS DE CLASIFICACION Y CONSTRUCCION DEL ABS**

## CALCULO DEL ESCANTILLONADO PARA UN REMOLCADOR SEGÚN REGLAS DE CLASIFICACIÓN Y CONSTRUCCION DE ABS

L (mts)	18,82	
B (mts)	6,04	
T (d) (mts)	2,19	
D (mts)	2,7	
Sep. De Ref. Long.(s) (cm)	500	0,5
Sep. De Cuadernas (cm)	500	0,5
Sep. De Ref. mamparos (cm)	500	0,5
Sep. DE Longitudinales (cm)	800	
$\alpha$ (para mamparo estanco)	2,24	
$\alpha$ (para mamparo de colisión)	1,13 del plano de formas	
Y (psi)	32000	

<b>d (alternativas)</b>	
d =	2,19
0.066L	1,24
0.66D	1,782
<b>h plancha de fondo y costado (alternativas)</b>	
D =	2,7
0.1L =	1,88
1.18*d	2,10

### COSTADO

$t=(s*\sqrt{h}/268)+2.5$	5,57	
Plancha recomendada a montar		<b>5/16"</b>

### COSTADO EN POPA

$t= 0.0455L+0.009s$	5,36 mm	
Plancha recomendada a montar		<b>1/4"</b>

### FONDO

$t=(s*\sqrt{h}/254)+2.5$	5,73 mm	
Plancha recomendada a montar		<b>1/4"</b>

### CUBIERTA

$t=0,009S+2,4$	6,90 mm	
Plancha recomendada a montar		<b>5/16"</b>

### MAMPARO ESTANCO

$1<=\alpha<=2$		
$k = (3.075*\sqrt{\alpha-2.077})/(\alpha+0.272)$	1,005	
$\alpha > 2, S=$	800	
k =	1	
$q = 34000/Y$	1,06	
c =	290	
$t=(s*k*\sqrt{(q*h)/c})+1.5$	6,17 5,4	
Plancha recomendada a montar		<b>1/4"</b>

### MAMPARO DE COLISION

$1<=\alpha<=2$		
$k = (3.075*\sqrt{\alpha-2.077})/(\alpha+0.272)$	10,940	
$\alpha > 2, S=$	900	
k =	1	
$q = 34000/Y$	1,063	
c =	254	
h =	2,65	
$t=(s*k*\sqrt{(q*h)/c})+1.5$	66,55 mm	
Plancha recomendada a montar		<b>5/16"</b>

**REFUERZOS DE MAMPAROS**

c =	0,4
h =	2,1
SM=7.8*c*h*s*l <sup>2</sup> cm <sup>3</sup>	23,88 cm <sup>3</sup>
Perfil recomendado	L 3"x2"x3/16"

**REFUERZOS DEL MAMPARO DE COLISION**

c =	0,4
h =	2,28
SM=7.8*c*h*s*l <sup>2</sup> cm <sup>3</sup> + 25%	32,41 cm <sup>3</sup>
Perfil recomendado	L 3"x2"x1/4"

**PLANAS**

c =	0,55
h =	2,19
s =	1,6
l =	1,3
SM=7.8*c*h*s*l <sup>2</sup> cm <sup>3</sup>	25,40 cm <sup>3</sup>

**ALTURA MINIMA DE LAS PLANAS**

l =	2,12
hf = 62.5*l	132,5 mm
Altura a poner	200 mm

**ESPESOR DE LAS PLANAS**

t = 0.01*hf + 3 mm	5 mm
Plancha recomendada a montar	1/4"

**QUILLA VERTICAL**

t = 0.625L+12.5 mm	24,263
h = 1.46L+100 mm	127,477
SM =	73,33 cm <sup>3</sup>
Refuerzo recomendado	PLT 6"x1"

**RODA**

t = 0.625L+6,35 mm	18,113 mm
w=1,25L+90	113,53 mm
Refuerzo recomendado	PLT 5"x3/4"

**CODASTE**

t = 0.73L+10 mm	23,739 mm
b=1,283L+87,4	111,55 mm
Refuerzo recomendado	PLT 5"x1"

**CUADERNAS DE FONDO**

c=	1
s=	0,5
l=	2,8
h=	2,65
SM=7.8*c*h*s*l <sup>2</sup> cm <sup>3</sup>	81,03 cm <sup>3</sup>
Refuerzo recomendado	TEE 4"x2,5"x3/8"

**CUADERNAS DE COSTADO**

c=	0,915
s=	0,5
l=	2,1

h= 2,85  
 $SM=7.8*c*h*s*l^2$  cm<sup>3</sup> 44,85  
 SM+25 56,06 cm<sup>3</sup>  
 Refuerzo recomendado TEE 3"x3"x5/16"

#### BAOS

c= 0,7  
 s= 0,5  
 l= 2,9  
 h= 2,1  
 $SM=7.8*c*h*s*l^2$  cm<sup>3</sup> 48,21 cm<sup>3</sup>  
 Refuerzo recomendado TEE 3"x2.5"x5/16"

#### VAGRAS

c= 0,9  
 s= 0,8  
 l= 1,5  
 h= 1,8  
 $SM=7.8*c*h*s*l^2$  cm<sup>3</sup> 22,745 cm<sup>3</sup>  
 Alto Vagra hw= 145\*l mm 217,5 mm  
 Espes. Vagra t= 0,01\*hw + 3mm 5,175 mm  
 Refuerzo recomendado PLT 3"x1/4"

#### PALMEJARES

c= 0,9  
 s= 0,8  
 l= 1,7  
 h= 1,8  
 $SM=7.8*c*h*s*l^2$  cm<sup>3</sup> 29,21 cm<sup>3</sup>  
 Refuerzo recomendado PLT 3"x5/16"

#### ESLORA DE CUBIERTA

c= 0,7  
 b= 1  
 h= 1,8  
 l= 2,2  
 $SM=7.8*c*b*h*l^2$  cm<sup>3</sup> 47,57 cm<sup>3</sup>  
 Refuerzo recomendado TEE 3"x2.5"x5/16"

#### LONGITUDINALES DE CUBIERTA

c= 0,7  
 b= 0,5  
 h= 1,8  
 l= 2,2  
 $SM=7.8*c*b*h*l^2$  cm<sup>3</sup> 23,78 cm<sup>3</sup>  
 Refuerzo recomendado PLT 3"x1/4"

#### CONSOLAS PARA CUADERNAS

x = 1.4\*y+30 mm 172,24 mm  
 Plancha recomendada a montar 1/4"

#### MAMPAROS DE SUPERESTRUCTURA

s= 0,6  
 h1= 9,9  
 h2= 3,3

h= 2,85  
SM=7.8\*c\*h\*s\*l<sup>2</sup> cm<sup>3</sup> 44,85  
SM+25 56,06 cm<sup>3</sup>  
Refuerzo recomendado TEE 3"x3"x5/16"

### BAOS

c= 0,7  
s= 0,5  
l= 2,9  
h= 2,1  
SM=7.8\*c\*h\*s\*l<sup>2</sup> cm<sup>3</sup> 48,21 cm<sup>3</sup>  
Refuerzo recomendado TEE 3"x2.5"x5/16"

### VAGRAS

c= 0,9  
s= 0,8  
l= 1,5  
h= 1,8  
SM=7.8\*c\*h\*s\*l<sup>2</sup> cm<sup>3</sup> 22,745 cm<sup>3</sup>  
Alto Vagra hw= 145\*l mm 217,5 mm  
Espes. Vagra t= 0,01\*hw + 3mm 5,175 mm  
Refuerzo recomendado PLT 3"x1/4"

### PALMEJARES

c= 0,9  
s= 0,8  
l= 1,7  
h= 1,8  
SM=7.8\*c\*h\*s\*l<sup>2</sup> cm<sup>3</sup> 29,21 cm<sup>3</sup>  
Refuerzo recomendado PLT 3"x5/16"

### ESLORA DE CUBIERTA

c = 0,7  
b = 1  
h = 1,8  
l = 2,2  
SM=7.8\*c\*b\*h\*l<sup>2</sup> cm<sup>3</sup> 47,57 cm<sup>3</sup>  
Refuerzo recomendado TEE 3"x2.5"x5/16"

### LONGITUDINALES DE CUBIERTA

c = 0,7  
b = 0,5  
h = 1,8  
l = 2,2  
SM=7.8\*c\*b\*h\*l<sup>2</sup> cm<sup>3</sup> 23,78 cm<sup>3</sup>  
Refuerzo recomendado PLT 3"x1/4"

### CONSOLAS PARA CUADERNAS

x = 1.4\*y+30 mm 172,24 mm  
Plancha recomendada a montar 1/4"

### MAMPAROS DE SUPERESTRUCTURA

s= 0,6  
h1= 9,9  
h2= 3,3

$h_3=$		1,34
$t_1= 3*s*\sqrt{h}$	frontal	5,664 mm
$t_2= 3*s*\sqrt{h}$	lateral y posterior	3,270 mm
$t_3= 3*s*\sqrt{h}$	otros	2,084 mm

### REFUERZOS DE SUPERESTRUCTURA

$s=$	0,6
$l=$	0,95
$h_1=$	9,9
$h_2=$	3,3
$h_3=$	1,34
$SM_1=3,5*s*h*l^2$	18,76 cm <sup>3</sup>
Refuerzo recomendado	PLT 4"x1/4"
$SM_2=3,5*s*h*l^2$	6,25 cm <sup>3</sup>
Refuerzo recomendado	PLT 2"x1/4"
$SM_3=3,5*s*h*l^2$	2,54 cm <sup>3</sup>
Refuerzo recomendado	PLT 2"x3/16"

### BAOS DE SUPERESTRUCTURA

$c=$	0,6
$s=$	0,9
$l=$	2,6
$h=$	0,86
$SM=7.8*c*h*s*l^2$ cm <sup>3</sup>	24,49 cm <sup>3</sup>
Refuerzo recomendado	L 3"x2"x3/16"

# **ANEXO H**

**CALCULO DEL MODULO SECCIONAL DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES**

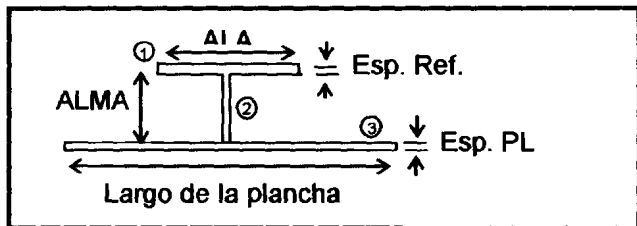
---

## CUADERNAS DEL FONDO

Tee 4"x2,5"x3/8"

### Datos Iniciales

Alma ref.	10,16 cm
Ala ref.	6,35 cm
Esp. ref.	0,9525 cm
Largo viga	60 cm
Esp. viga	0,635 cm



### RESULTADOS

ITEM	area (cm <sup>2</sup> )	y (cm)	Ip (cm <sup>4</sup> )	area*y (cm <sup>3</sup> )	area*y <sup>2</sup> (cm <sup>4</sup> )
1	6,05	10,32	0,46	62,41	644,01
2	8,77	5,24	61,96	45,94	240,69
3	38,10	0,32	1,28	12,10	3,84
<b>SUMA</b>	52,92		63,70	120,45	888,54

$$\bar{y} = 2,28 \text{ cm}$$

$$A\bar{y}^2 = 274,17 \text{ cm}^3$$

$$y = 8,04 \text{ cm}$$

$ms = 84,31 \text{ cm}^3$

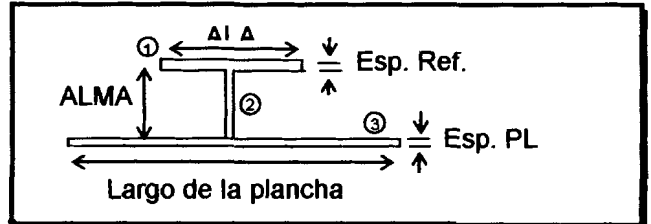


## CUADERNAS DEL COSTADO

Tee 3"x3"x5/16"

### Datos Iniciales

Alma ref.	7,62 cm
Ala ref.	7,62 cm
Esp. ref.	0,794 cm
Largo viga	60 cm
Esp. viga	0,79375 cm



### RESULTADOS

ITEM	area (cm <sup>2</sup> )	y (cm)	Ip (cm <sup>4</sup> )	area*y (cm <sup>3</sup> )	area*y <sup>2</sup> (cm <sup>4</sup> )
1	6,05	8,02	0,32	48,50	388,84
2	5,42	4,21	21,04	22,80	95,91
3	47,63	0,40	2,50	18,90	7,50
<b>SUMA</b>	<b>59,10</b>		<b>23,86</b>	<b>90,20</b>	<b>492,26</b>

$$\begin{aligned} \bar{y} &= 1,53 \text{ cm} \\ A\bar{y}^2 &= 137,69 \text{ cm}^3 \\ y &= 6,49 \text{ cm} \end{aligned}$$

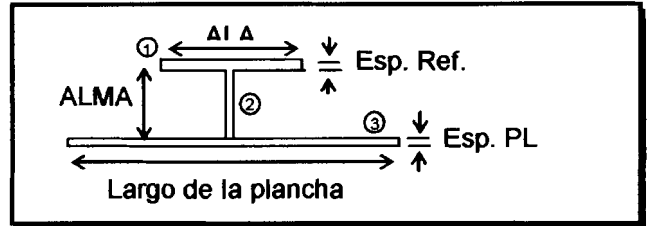
<b>ms</b> = 58,31 cm <sup>3</sup>
-----------------------------------

## BAOS

Tee 3"x2.5"x5/16"

### Datos Iniciales

Alma ref.	7,62 cm
Ala ref.	6,35 cm
Esp. ref.	0,794 cm
Largo viga	60 cm
Esp. viga	0,79375 cm



### RESULTADOS

ITEM	area (cm <sup>2</sup> )	y (cm)	Ip (cm <sup>4</sup> )	area*y (cm <sup>3</sup> )	area*y <sup>2</sup> (cm <sup>4</sup> )
1	5,04	8,02	0,26	40,42	324,03
2	5,42	4,21	21,04	22,80	95,91
3	47,63	0,40	2,50	18,90	7,50
<b>SUMA</b>	<b>58,09</b>		<b>23,81</b>	<b>82,12</b>	<b>427,45</b>

$$\bar{y} = 1,41 \text{ cm}$$

$$A\bar{y}^2 = 116,10 \text{ cm}^3$$

$$y = 6,60 \text{ cm}$$

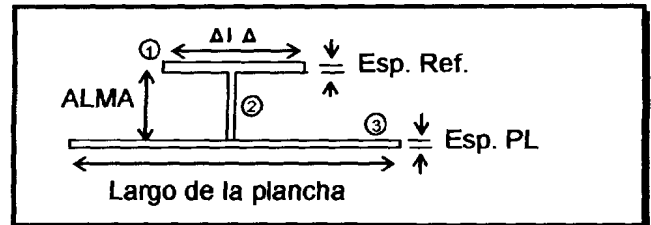
<b>ms = 50,76 cm<sup>3</sup></b>
----------------------------------

## ESLORA DE CUBIERTA

Tee 3"x2.5"x5/16"

### Datos Iniciales

Alma ref.	7,62 cm
Ala ref.	6,35 cm
Esp. ref.	0,794 cm
Largo viga	60 cm
Esp. viga	0,79375 cm



### RESULTADOS

ITEM	area (cm <sup>2</sup> )	y (cm)	Ip (cm <sup>4</sup> )	area*y (cm <sup>3</sup> )	area*y <sup>2</sup> (cm <sup>4</sup> )
1	5,04	8,02	0,26	40,42	324,03
2	5,42	4,21	21,04	22,80	95,91
3	47,63	0,40	2,50	18,90	7,50
<b>SUMA</b>	58,09		23,81	82,12	427,45

$$\begin{aligned} \bar{y} &= 1,41 \text{ cm} \\ A\bar{y}^2 &= 116,10 \text{ cm}^3 \\ y &= 6,60 \text{ cm} \end{aligned}$$

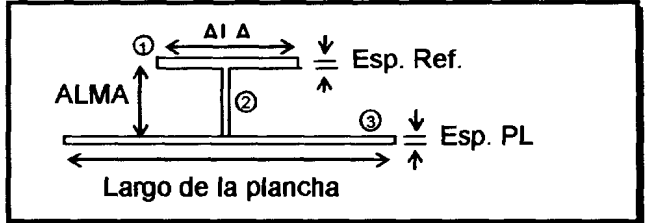
$ms = 50,76 \text{ cm}^3$

## ESLORA DE CUBIERTA

Tee 3"x2.5"x5/16"

### Datos Iniciales

Alma ref.	7,62 cm
Ala ref.	6,35 cm
Esp. ref.	0,794 cm
Largo viga	60 cm
Esp. viga	0,79375 cm



### RESULTADOS

ITEM	area (cm <sup>2</sup> )	y (cm)	I <sub>p</sub> (cm <sup>4</sup> )	area*y (cm <sup>3</sup> )	area*y <sup>2</sup> (cm <sup>4</sup> )
1	5,04	8,02	0,26	40,42	324,03
2	5,42	4,21	21,04	22,80	95,91
3	47,63	0,40	2,50	18,90	7,50
<b>SUMA</b>	<b>58,09</b>		<b>23,81</b>	<b>82,12</b>	<b>427,45</b>

$$\bar{y} = 1,41 \text{ cm}$$

$$A\bar{y}^2 = 116,10 \text{ cm}^3$$

$$y = 6,60 \text{ cm}$$

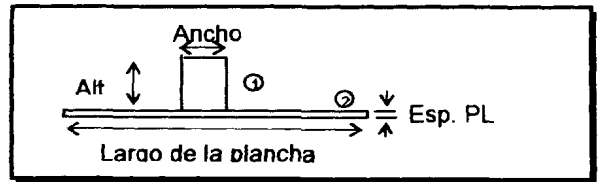
$ms = 50,76 \text{ cm}^3$

## VAGRAS

Plt 3"x1/4"

### DATOS INICIALES

Alto ref. 7,62 cm  
 Ancho ref. 0,635 cm  
 Largo viga 50 cm  
 Esp. viga 0,635 cm



### RESULTADOS

ITEM	area (cm <sup>2</sup> )	y (cm)	lp (cm <sup>4</sup> )	area*y (cm <sup>3</sup> )	area*y <sup>2</sup> (cm <sup>4</sup> )
1	4,84	4,45	23,41	21,51	95,60
2	31,75	0,32	1,07	10,08	3,20
<b>SUMA</b>	<b>36,59</b>		<b>24,48</b>	<b>31,59</b>	<b>98,80</b>

$$\bar{y} = 0,86 \text{ cm}$$

$$A\bar{y}^2 = 27,27 \text{ cm}^3$$

$$y = 3,58 \text{ cm}$$

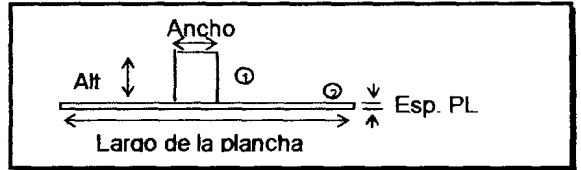
$ms = 26,81 \text{ cm}^3$

## PALMEJARES

Plt 3"x5/16"

### DATOS INICIALES

Alto ref.	7,62 cm
Ancho ref.	0,794 cm
Largo viga	50 cm
Esp. viga	0,794 cm



### RESULTADOS

ITEM	area (cm <sup>2</sup> )	y (cm)	lp (cm <sup>4</sup> )	area*y (cm <sup>3</sup> )	area*y <sup>2</sup> (cm <sup>4</sup> )
1	6,05	4,60	29,28	27,86	128,25
2	39,70	0,40	2,09	15,76	6,26
<b>SUMA</b>	<b>45,75</b>		<b>31,36</b>	<b>43,62</b>	<b>134,50</b>

$$\bar{y} = 0,95 \text{ cm}$$

$$A\bar{y}^2 = 41,58 \text{ cm}^3$$

$$y = 3,65 \text{ cm}$$

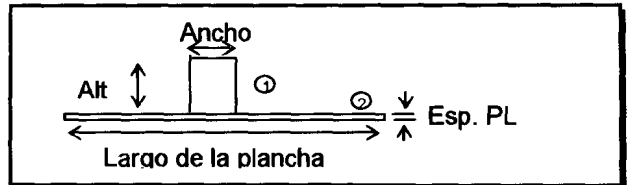
<b>ms</b>	=	34,04 cm <sup>3</sup>
-----------	---	-----------------------

## LONGITUDINALES DE CUBIERTA

Plt 3"x1/4"

### DATOS INICIALES

Alto ref.	7,62 cm
Ancho ref.	0,635 cm
Largo viga	50 cm
Esp. viga	0,794 cm



### RESULTADOS

ITEM	area (cm <sup>2</sup> )	y (cm)	lp (cm <sup>4</sup> )	area*y (cm <sup>3</sup> )	area*y <sup>2</sup> (cm <sup>4</sup> )
1	4,84	4,60	23,41	22,28	102,57
2	39,70	0,40	2,09	15,76	6,26
<b>SUMA</b>	<b>44,54</b>		<b>25,50</b>	<b>38,04</b>	<b>108,82</b>

$\bar{y}$	=	0,85 cm
$A\bar{y}^2$	=	32,49 cm <sup>3</sup>
$y$	=	3,75 cm

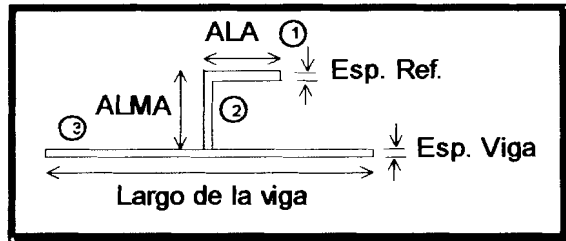
**ms = 27,16 cm<sup>3</sup>**

## REFUERZOS DEL MAMPARO DE COLISION

L 3"x2"x1/4"

### DATOS INICIALES

Alma ref.	7,62 cm
Ala ref.	5,08 cm
Esp. ref.	0,635 cm
Largo viga	50 cm
Esp. viga	0,635 cm



### RESULTADOS

ITEM	area (cm <sup>2</sup> )	y (cm)	I <sub>p</sub> (cm <sup>4</sup> )	area*y (cm <sup>3</sup> )	area*y <sup>2</sup> (cm <sup>4</sup> )
1	3,23	7,94	0,11	25,60	203,24
2	4,44	4,13	18,03	18,31	75,56
3	31,75	0,32	1,07	10,08	3,20
<b>SUM</b>	<b>39,41</b>		<b>19,21</b>	<b>53,99</b>	<b>282,00</b>

$$\bar{y} = 1,37 \text{ cm} \qquad 4,1275$$

$$A\bar{y}^2 = 73,97 \text{ cm}^3$$

$$y = 6,57 \text{ cm}$$

<b>ms</b>	=	34,60 cm <sup>3</sup>
-----------	---	-----------------------

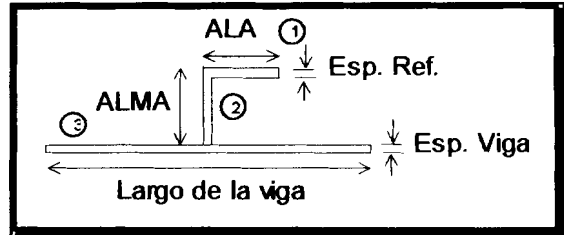


## REFUERZOS DE MAMPAROS

L 3"x2"x3/16"

### DATOS INICIALES

Alma ref.	7,62 cm
Ala ref.	5,08 cm
Esp. ref.	0,476 cm
Largo viga	50 cm
Esp. viga	0,635 cm



### RESULTADOS

ITEM	area (cm <sup>2</sup> )	y (cm)	I <sub>p</sub> (cm <sup>4</sup> )	area*y (cm <sup>3</sup> )	area*y <sup>2</sup> (cm <sup>4</sup> )
1	2,42	8,02	0,05	19,39	155,42
2	3,40	4,21	14,46	14,31	60,19
3	31,75	0,32	1,07	10,08	3,20
<b>SUM</b>	<b>37,57</b>		<b>15,58</b>	<b>43,77</b>	<b>218,80</b>

$$\bar{y} = 1,17 \text{ cm} \quad 4,1275$$

$$A\bar{y}^2 = 51,00 \text{ cm}^3$$

$$y = 6,85 \text{ cm}$$

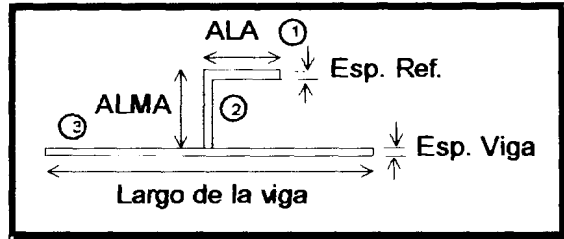
<b>ms</b> =	26,76 cm <sup>3</sup>
-------------	-----------------------

## BAOS DE SUPERESTRUCTURA

L 3"x2"x3/16"

### DATOS INICIALES

Alma ref.	7,62 cm
Ala ref.	5,08 cm
Esp. ref.	0,476 cm
Largo viga	50 cm
Esp. viga	0,7937 cm



### RESULTADOS

ITEM	area (cm <sup>2</sup> )	y (cm)	I <sub>p</sub> (cm <sup>4</sup> )	area*y (cm <sup>3</sup> )	area*y <sup>2</sup> (cm <sup>4</sup> )
1	2,42	8,18	0,05	19,77	161,63
2	3,40	4,37	14,46	14,85	64,81
3	39,69	0,40	2,08	15,75	6,25
<b>SUM</b>	45,50		16,59	50,36	232,69

$$\bar{y} = 1,11 \text{ cm} \qquad 4,20685$$

$$A\bar{y}^2 = 55,74 \text{ cm}^3$$

$$y = 7,07 \text{ cm}$$

$ms = 27,38 \text{ cm}^3$

## **ANEXO I**

**CALCULO DEL MODULO SECCIONAL DE LA CUADERNA MAESTRA**

## MODULO SECCIONAL DE LA CUADERNA MAESTRA

### Módulo Seccional según ABS

$$SM_1 = C1 * C2 * L^2 * B * (Cb+0,7)$$

C1 =	22,4-0,521	12,61
C2 =	0,01	
L =	18,82 m	
B =	6,04 m	
Cb =	0,551	

$$SM_1 = \quad \quad \quad \mathbf{337,48 \text{ m-cm}^2}$$

### MODULO SECCIONAL DE LA CUADERNA MAESTRA ASUMIENDO COMO CENTROIDE LA LINEA BASE

ELEMENTOS	DIMENSIONES		AREA	d	AREA x d	AREA X d <sup>2</sup>	io
	cm		cm <sup>2</sup>	cm	cm <sup>3</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>
1	PL	15.24x2.54	38,71	7,62	294,97	2.247,67	1569,10
2	FB	4"x3/4"	19,35	16,19	313,28	5.071,95	3856,50
3	PLT	3"x1/4"	4,84	25,81	124,92	3.224,20	2501,80
4	PLT	3"x1/4"	4,84	41,81	202,36	8.460,69	4589,30
5	PLT	3"x5/16"	6,04	127,00	767,08	97.419,16	1702,40
6	PLT	3"x5/16"	6,04	207,00	1.250,28	258.807,96	2006,30
7	PLT	3"x1/4"	4,84	275,00	1.331,00	366.025,00	1853,60
8	PLT	3"x1/4"	4,84	274,00	1.326,16	363.367,84	3004,40
9	PLT	3"x1/4"	4,84	273,00	1.321,32	360.720,36	1457,90
10	TEE	3"x2.5"x5/16"	10,46	277,00	2.897,42	802.585,34	5378,80
11	PL	277x0.64	176,00	33,00	5.808,00	191.664,00	3145,60
12	PL	215X0.794	170,65	165,00	28.157,25	4.645.946,25	7630,00
13	PL	302x0.794	239,80	280,00	67.144,00	18.800.320,00	7827,00
14	TEE	3"x2.5"x5/16"	2.157,40	280,00	604.072,00	169.140.160,00	4890,70
15	tubo	1 1/4"	7,92	72,00	570,24	41.057,28	1250,00
<b>TOTAL</b>			<b>2.856,57</b>		<b>715.580,28</b>	<b>195.087.077,69</b>	<b>52.663,40</b>

$$io = \quad \quad \quad 52.663,40$$

$$In = \quad \quad \quad \mathbf{195.139.741,09}$$

$$dg = \text{SUM}(A*d) / A$$

$$250,50 \text{ cm}$$

$$I = \quad \quad \quad 2(In - A*dg^2)$$

$$A*dg^2 =$$

$$179.255.237,42 \text{ cm}^4$$

$$I = \quad \quad \quad 31.714.884,55 \text{ cm}^4$$

$$SM_{inf} = I / c$$

$$126.604,65 \text{ cm}^3$$

$$C_{inf} = \quad \quad \quad 250,5 \text{ cm}$$

$$SM_{sup} = I / c$$

$$1.057.162,82 \text{ cm}^3$$

$$C_{sup} = \quad \quad \quad 30 \text{ cm}$$

$$SM_2 = \quad \quad \quad \mathbf{1.266,05 \text{ m-cm}^2}$$

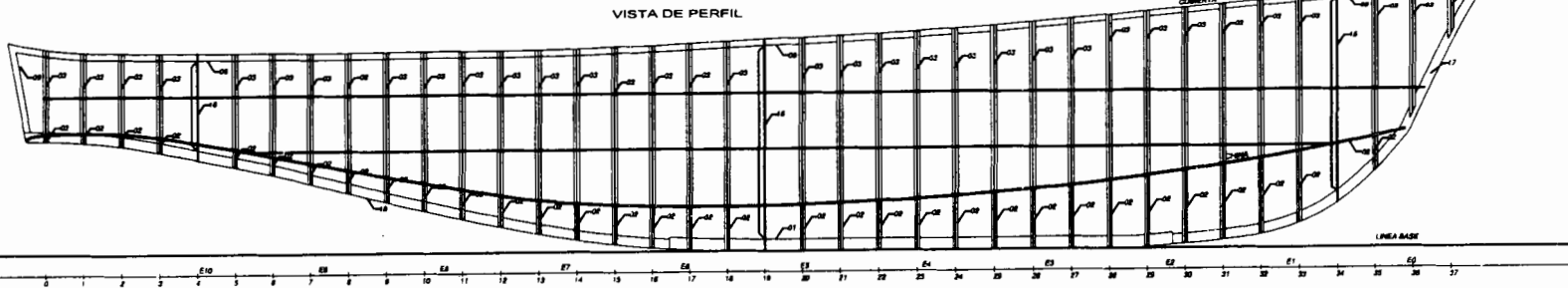
El valor de SM2 comparamos con SM1 calculado por medio de las reglas ABS, escogiendo el mayor; por tal motivo el módulo seccional para nuestros cálculos será:

$$\mathbf{SM = 1.266,05 \text{ m-cm}^2}$$

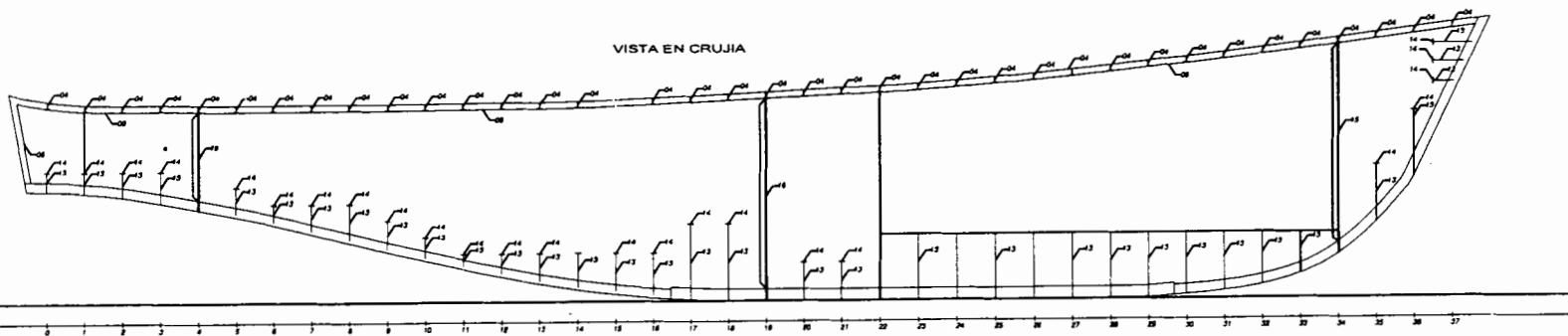
# **ANEXO J**

## **PLANO ESTRUCTURAL GENERAL**

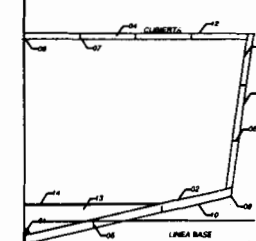
VISTA DE PERFIL



VISTA EN CRUJIA



VISTA DE PLANTA



VISTA TRANSVERSAL

LISTA DE MATERIALES

01	QUILLA	PLT 6"x1"
02	CUADERNA	TEE 4"x2.5"x3/8"
03	CUADERNA	TEE 3"x3"x5/16"
04	BAO	TEE 3"x2.5"x5/16"
05	VAGRAS	PLT 3"x1/4"
06	PALMEJAR	PLT 3"x5/16"
07	LONG. DE CUB.	PLT 3"x1/4"
08	CHINA	BARRA D= 1"
09	ESLORA DE CUB.	TEE 3"x2.5"x5/16"
10	PL. DE FONDO	PL 1/4"
11	PL. DE COSTADO	PL. 5/16"
12	PL. CUB.	PL. 5/16"
13	PLANA	PL. 1/4"
14	REF. DE PLANA	PLT 3"x1/4"
15	MAMP. DE COLISION	PL. 5/16"
16	MAMP. ESTANCO	PL. 1/4"
17	RODA	PLT. 5"x3/4"
18	CODASTE	PLT. 5"x1"
19	REF. MAMP. COLISION	L 3"x2"x1/4"
20	REF. MAMP. ESTANCO	L 3"x2"x3/16"
21	BASE DE MAQ.	PL. 1/2"
22	REF. BASE MAQ.	PL. 1/2"

ARMADOR		RESP. TECN.	
ARMADA NACIONAL		KLEBER GUTIERREZ W.	
Propósito			
Diseño Preliminar de un Remolcador Prototipo para la Armada Nacional			
Plano			
ESTRUCTURAL GENERAL			
Fecha	ABRIL/2003	Escala	1 : 100
No. Plano	01	Revisión	1/1

# **ANEXO K**

## **CALCULO DEL PODER**

## CALCULO DEL PODER

A continuación realizaremos el cálculo de la potencia del motor a utilizar en nuestra embarcación, a partir de los siguientes datos:

<b>L<sub>wl</sub></b> =	62,18 pies	<b>W<sub>rq</sub></b> =	1600 tons
<b>B</b> =	19,81 pies	<b>M</b> =	35 agua salada
<b>d</b> =	7,18 pies	<b>V</b> =	10 nudos
<b>C<sub>b</sub></b> =	0,535		

**1.- Desplazamiento del Remolcador**

$$W_r = (L \cdot B \cdot d \cdot C_b) / M = 135,19 \text{ tons}$$

**2.- Desplazamiento del Remolque**

$$W_{rq} = 1600,00 \text{ tons}$$

**3.- Desplazamiento Total Combinado**

$$W_t = W_r + W_{rq} = 1735,19 \text{ tons}$$

**4.- Velocidad Optima del Casco**

$$V_m / \sqrt{L} = 1,34$$

$$V_m = (\sqrt{61.73}) \cdot 1.34 = 10,57 \text{ nudos}$$

La velocidad requerida por el buque de 10 nudos, no excede el máximo teórico de 10,57 nudos.

**5.- Coeficiente de Almirantazgo**

$$K = LK + ((GL-LL) \cdot (HK-LK)/(HL-LL))$$

Donde:

LL=	50	HK=	120
HL=	75	GL=	61,73
LK=	95	K=	?

$$K = 106,73$$

**6.- Cálculo del SHP**

$$SHP = (W_t^{2/3} \cdot V^3) / (K \cdot N)$$

$$SHP = 676,47 \text{ hp por máquina}$$

***SHP = 676 Hp por máquina***

Este resultado nos indica que un par de máquinas marinas, cada una produciendo 650 SHP, deberían ser requeridas para satisfacer nuestro requerimiento, es decir el remolcador y su normal remolque.

$$BHP = SHP + 5\% SHP = 709,8 \text{ Hp}$$

$$EHP = 1/2 BHP = 354,9 \text{ Hp}$$



## **CÁLCULO DEL PROPULSOR POR EL METODO DE FUNG**

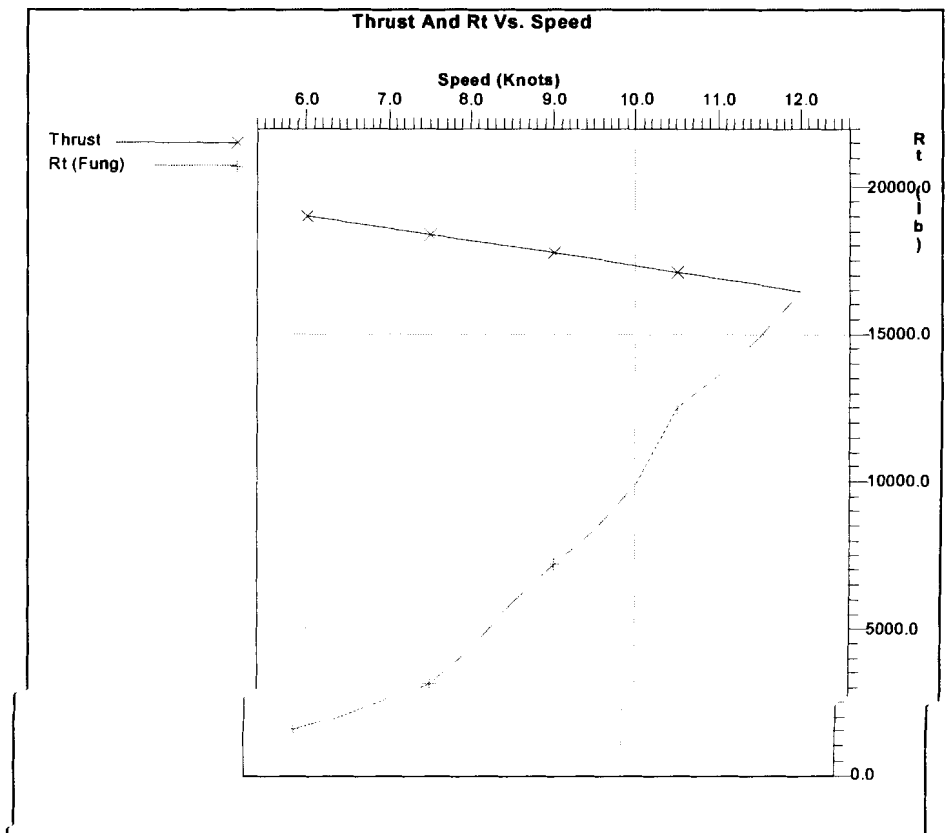
A continuación presentamos los cálculos del propulsor, utilizando el método de Fung, con el fin de obtener otros resultados que sirvan de comparación con el obtenido en el Capítulo III.

Para el dimensionamiento del propulsor ingresamos al programa el número de propulsores, número de aspas, paso de la hélice, método de coeficiente de estela y empuje, límite del diámetro de la hélice, coeficiente de eficiencia relativa dado por el método de Fung, eficiencia del tren de potencia predeterminado, luego se ingresó valores de velocidad, resistencia y poder efectivo (Estos valores fueron calculados en los cálculos de resistencia a una velocidad de servicio especificada). Una vez ingresado las opciones anteriores, seleccionamos uno de los tres métodos de optimización de hélice, escogiendo la que optimiza RPM, diámetro de hélice y relación paso diámetro P/D, sin cualquier limitación en el diámetro de hélice. Finalmente ingresamos los valores de poder de la máquina que son el poder al eje requerido para velocidad de servicio, las RPM y el porcentaje máximo de poder ó % MCR.

Corremos nuevamente el programa y nos presenta la siguiente tabla, que contiene los datos del poder de la máquina y los datos de empuje y resistencia del buque por cada método seleccionado a diferentes valores de velocidad.

Power Plant Data			
Shaft Power:			700 hp
RPM:			600
Percent MCR:			90.0
Operating Speed			10.2 Knots
Thrust and Resistance (lb)			
Speed (kt)	Fn	Thrust	Rt (Fung)
6,00	0.23	19008.48	1587.87
6,50	0.25	18808.34	1970.73
7,00	0.27	18605.82	2453.65
7,50	0.29	18400.98	3150.26
8,00	0.30	18192.71	4337.88
8,50	0.32	17983.46	5878.08
9,00	0.34	17772.11	7219.65
9,50	0.36	17558.69	8387.08
10,00	0.38	17343.27	9952.07
10,50	0.40	17125.91	12553.85
11,00	0.42	16906.68	13625.15
11,50	0.44	16685.59	14929.72
12,00	0.46	16462.72	16435.53

Luego se presentan las curvas de Empuje y Resistencia Vs. Velocidad, en donde observamos que el empuje proporcionado por los dos propulsores se intercepta con la resistencia del casco en un rango entre 11 a 12 nudos, rango en el cual operaría teóricamente la velocidad de la embarcación.



Como último resultado el programa nos presenta la siguiente tabla, en la cual se observan cada uno de los parámetros del propulsor. Todos estos resultados nos servirán para definir los parámetros finales para nuestro diseño preliminar.

<b>Propeller Parameters</b>			
Resist. Method:	Holtrop		
Design Speed	10 knots		
Design Resistance	9961 lb		
Design Pe	305 hp		
Number Props	2	Wake	0.290
Pitch:	Fixed	Thrust	0.354
Number Blades:	4	Hull Eff.	0.910
Diameter	3.80 (ft)	Rot Eff.	0.700
Open Water Eff.	0.445	Shaft Eff.	0.700
PD Ratio:	0.821		
Area Ratio:	0.826	Pd ( hp)	539
RPM:	455.6	Ps ( hp)	770

De los resultados de la tabla anterior, podemos apreciar que la hélice tendrá una velocidad de 455.6 rpm, y como la velocidad de la máquina principal seleccionada es de 1800 rpm, nuestra razón de reducción será de 3.9:1.

# **ANEXO L**

**CALCULO DEL BOLLARD PULL O EMPUJE ESTATICO**

## CALCULO DEL BOLLARD PULL O EMPUJE ESTATICO

Según el Modern Tug Design, indica que para propósitos de diseño preliminar el bollard pull se puede calcular por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{Bollard pull en libras} = (5250 * 2\text{BHP} * \text{Tc}) / (\text{RPM} * \text{D})$$

En donde:

BHP = 709.8 hp, poder al freno para el cual fue diseñado.

RPM = 600 rpm, revoluciones del propulsor por minuto en condición de diseño.

D = 3.8 pies, diámetro del propulsor.

Tc = 8.3, constante de curva de empuje/torque.

$$\text{Bollard Pull, lbs} = (5250 * 2 * 709.8 \text{ hp} * 8.3) / (600 \text{ rpm} * 3 \text{ pies})$$

$$\text{Bollard Pull, lbs} = 34,366.15 \text{ Lbs.}$$

$$\text{Bollard Pull} = \mathbf{17.18 \text{ Tons.}}$$

# **ANEXO M**

## **CALCULO DEL TIMON**

## CALCULO DEL TIMON

Para los siguientes cálculos utilizaremos las fórmulas recomendadas por las Reglas de Clasificación ABS, 1997.

### *Fuerza del Timón*

$$C_r = n * K_t * A * V^2$$

Donde:

A = 0,73 m<sup>2</sup>, área proyectada del timón

V = 10 nudos

K<sub>t</sub> = 1,463

n = 0,132

Reemplazando valores en la fórmula anterior resulta una fuerza del timón de :

$$C_r = 14,09 \text{ kN}$$

### *Torque del Timón para Escantillonado*

$$Q_r = C_r * r$$

Donde:

C<sub>r</sub> = 14,09 kN, fuerza del timón

A<sub>f</sub> = 0,13 m<sup>2</sup>, área posterior de la mecha

r = c (∞ - A<sub>f</sub>/A)

A = 0,73 m<sup>2</sup>, área proyectada del timón

c = 0,8

r = 0,12

∞ = 0,33

El valor del torque será:

$$Q_r = 1,7 \text{ kN-m}$$

### **Espesor del Timón**

$$t_p = 0,0015 * S * V + 2,5$$

Donde:

S = 400mm, separación de refuerzos

V = 10 nudos

Luego de reemplazar valores en la fórmula tenemos que:

$$t_p = 8,5 \text{ mm}$$

$$t_p = \text{plancha de } 3/8''$$

## Refuerzos del Timón

$$SM = 0,0005 \cdot S \cdot C1^2 \cdot V^2 \cdot Q$$

Donde:

$$S = 400\text{mm}$$

$$C1 = 0,7$$

$$V = 10 \text{ nudos}$$

$$Q = 1$$

El módulo seccional de los refuerzos será:

$$SM = 10 \text{ cm}^3$$

## Barón del Timón

$$S = Nu \cdot (Qr \cdot Ks)^{1/3}$$

Donde:

$$S = ?, \text{ diámetro del del barón}$$

$$Ks = (Ny / Y)^e$$

$$Un = 42$$

$$Ny = 235 \text{ N/mm}^2$$

$$e = 0,75$$

$$Qr = 1,7 \text{ kN-m, torque}$$

$$Y = 290 \text{ N/mm}^2$$

$$Ks = 085$$

$$Ks = ?$$

El diámetro del barón del timón será:

$$S = 47,6 \text{ mm}$$

$$S = 2 \text{ ''}$$

## Brida de Acople

Se necesitan 6 pernos, cada uno con un diámetro de:

$$d_b = 0,62 \cdot (d_s^3 \cdot Kb / (n_r \cdot Ks))^{1/2}$$

Donde:

$$n = 6, \text{ número de pernos}$$

$$r = 25,4 \text{ mm, distancia entre centros de pernos}$$

$$d_s = 50,8 \text{ mm, diámetro del barón}$$

$$Kb = \text{factor del material para pernos}$$

$$Ks = \text{factor del material para barón}$$

$Kb$  y  $Ks$  serán para un material similar

El diámetro de los pernos de la brida será de:

$$d_b = 18,18 \text{ mm}$$

$$d_b = 3/4 \text{ ''}$$

El espesor de la brida será:

$$t_f = 0,9 \cdot d_b$$

$$t_f = 16,36 \text{ mm}$$

$$t_f = 3/4 \text{ ''}$$



# **ANEXO N**

## **CALCULO DE CIRCUITOS**

## SUCCION

DISTANCIA DE LA CANERIA (L): 8.1 [m]  
 DIÁMETRO DE LA CANERIA (D): 2 [pulg] = 50.813 [mm]  
 MATERIAL DE LA CANERIA: ASTM-53 (hierro negro)

CAUDAL DESEADO: 
$$\frac{340 \text{ GAL}}{4 \text{ min}} = 85[\text{GPM}] * \frac{3.875[\text{litros}]}{1[\text{GAL}]} * \frac{1[\text{min}]}{60[\text{seg}]} * \frac{1[\text{m}^3]}{1000[\text{litros}]} = 0.005489 \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{seg}} \right]$$

VELOCIDAD DEL AGUA EN LA CANERIA: 
$$V = \frac{4 * Q}{\pi * D^2} = \frac{4 * 0.005489 \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{seg}} \right]}{\pi * 0.050813^2 [\text{m}^2]} = 2.71 \left[ \frac{\text{m}}{\text{seg}} \right]$$

CABEZAL DE VELOCIDAD: 
$$\frac{V^2}{2 * g} = \frac{2.71^2 \left[ \frac{\text{m}^2}{\text{seg}^2} \right]}{2 * 9.81 \left[ \frac{\text{m}}{\text{seg}^2} \right]} = 0.374 [\text{m}]$$

NUMERO DE REYNOLDS: 
$$Re = \frac{V * D}{\nu} = \frac{271 \left[ \frac{\text{cm}}{\text{seg}} \right] * 5.0813 [\text{cm}]}{0.008 \left[ \frac{\text{cm}^2}{\text{seg}} \right]} = 1.72129E + 5$$

DE LAS TABLAS DE MOODY:  $f=0.031$ , siendo  $f$ , factor de fricción.

PENDIENTE DE FRICCION: 
$$S_f = \frac{f}{D} * \frac{V^2}{2 * g} = \frac{0.031}{0.050813 [\text{m}]} * 0.374 [\text{m}] = 0.22817$$

FACTORES DE PERDIDA POR ACCESORIOS:

ADMISIÓN BRUSCA:	1
SALIDA:	1
CODO 90°, ROSCADO, DIAM. 2:	0.4
CODO 45°, ROSCADO, DIAM. 2:	0.3

$\sum \text{TOTAL PERDIDAS} = 2.7$

SUMATORIA DE PERDIDAS POR ACCESORIOS:

$\sum \text{TOTAL PERDIDAS} * \frac{V^2}{2 * g} = 2.7 * 0.374 = 1.0098 [\text{m}]$

PERDIDAS POR LARGO DE CAÑERÍA:  $S_f * L = 0.22817 * 8.1 = 1.848 [\text{m}]$

**TOTAL DE PERDIDAS EN LA SUCCION:**  $1.0098 + 1.848 = 2.857 [\text{m}]$

## DESCARGA

CONSIDEREMOS DOS TANQUES DE PRESION DE 20 PSI

DISTANCIA DE LA CANERIA (L): 4.0 [m]  
DIÁMETRO DE LA CANERIA (D): 1.75 [pulg] = 44.46 [mm]  
MATERIAL DE LA CANERIA: ASTM-53 (hierro negro)

VELOCIDAD DEL AGUA EN LA CANERIA: 
$$V = \frac{4 * Q}{\pi * D^2} = \frac{4 * 0.005489 \left[ \frac{m^3}{seg} \right]}{\pi * 0.04446^2 \left[ m^2 \right]} = 3.536 \left[ \frac{m}{seg} \right]$$

CABEZAL DE VELOCIDAD: 
$$\frac{V^2}{2 * g} = \frac{3.536^2 \left[ \frac{m^2}{seg^2} \right]}{2 * 9.81 \left[ \frac{m}{seg^2} \right]} = 0.6372 [m]$$

NUMERO DE REYNOLDS: 
$$Re = \frac{V * D}{\nu} = \frac{353.6 \left[ \frac{cm}{seg} \right] * 4.446 [cm]}{0.008 \left[ \frac{cm^2}{seg} \right]} = 1.965E + 5$$

DE LAS TABLAS DE MOODY:  $f=0.029$ , siendo  $f$ , factor de fricción.

PENDIENTE DE FRICCION: 
$$S_f = \frac{f}{D} * \frac{V^2}{2 * g} = \frac{0.029}{0.04446 [m]} * 0.6372 [m] = 0.41562$$

FACTORES DE PERDIDA POR ACCESORIOS:

ENTRADA BRUSCA:	1.5
SALIDA:	1.5
CODO 90°, ROSCADO, DIAM. 1.75:	1.5
TEE , ROSCADO, DIAM. 1.75:	1.25

$$\sum \text{TOTAL PERDIDAS} = 5.75$$

SUMATORIA DE PERDIDAS POR ACCESORIOS:

$$\sum \text{TOTAL PERDIDAS} * \frac{V^2}{2 * g} = 5.75 * 0.6372 = 3.6639 [m]$$

PERDIDAS POR LARGO DE CAÑERÍA:  $S_f * L = 0.41562 * 4.0 = 1.66248 [m]$

**PERDIDAS EN DESCARGA ACCESORIO Y TUBERIA:**  $3.6639 + 1.66248 = 5.3263 [m]$

**PRESION DE TANQUES:**

$$20[\text{psi}] * 2 * \frac{1[\text{KG}]}{2.2[\text{lb}]} * \frac{12^2[\text{pulg}^2]}{1[\text{pie}^2]} * \frac{3.28^2[\text{pie}^2]}{1[\text{m}^2]} * \frac{1000[\text{g}]}{1[\text{KG}]} * \frac{1[\text{cm}^3]}{1[\text{g}]} * \frac{1[\text{m}^3]}{100^3[\text{cm}^3]} = 28.16[\text{m}]$$

**TOTAL DE PERDIDAS EN DESCARGA:** 5.3263 + 28.16 = 33.48[m]

**POTENCIA DE LA BOMBA REQUERIDA:**

$$H = 2.857 + 33.48 = 36.3433[\text{m}]$$

$$P = \frac{\gamma * Q * H}{\eta} = \frac{1000 \left[ \frac{\text{KG}}{\text{m}^3} \right] * 8 [\text{GPM}] * \frac{3.874 [\text{litros}]}{1 [\text{GAL}]} * \frac{1 [\text{m}^3]}{100 [\text{litros}]} * \frac{1 [\text{min}]}{60 [\text{seg}]} * 36.3433 [\text{m}]}{0.8} * \frac{[\text{KW} * \text{seg}]}{10^4 [\text{KG} * \text{m}]} * \frac{1 [\text{HP}]}{0.746 [\text{KW}]} = 3.27 [\text{HP}]$$

por consiguiente, la potencia de la bomba es 3.5 HP.

**RAMALES DE DESCARGA**

EC. DE BERNOULLI:  $\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2 * g} + h_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2 * g} + h_2 + H_f$  ; en donde:

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2 * g} + h_1 = H_1$$

$$\frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2 * g} + h_2 + H_f = H_2$$

$$H_1 = H_2$$

**RAMAL: TANQUE (H1) - DESCARGA 1 (H2)**

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2 * g} + h_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2 * g} + h_2 + H_f$$

$H_f = \frac{P_M}{\gamma} - \frac{V_2^2}{2 * g} - h_2$  ; en donde la altura h2 es de 50 centímetros y la presión de los tanques es de 20 [psi] o 14.08 [m] de cabezal.

**RAMAL: PUNTO A (HA) - PUNTO A1 (HA1)**

LONGITUD TOTAL DEL RAMAL: 1.0+0.8+0.8= 2.6 m  
 DIÁMETRO DEL RAMAL: 0.5 pulg = 12.70 mm

**FACTORES DE PERDIDA POR ACCESORIOS:**

TEE:	0.55
LLAVE COMPUERTA:	0.08
REDUCCION, DIAM. 0.75 – 0.5:	0.24
2 SALIDA BRUSCA:	1.4

$$\sum \text{TOTAL PERDIDAS} = 2.27$$

VELOCIDAD DEL AGUA EN LA CAÑERÍA:  $V = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot 6 \cdot 3.875}{\pi \cdot 60 \cdot 1000 \cdot 0.01270^2} = 3.057 \left[ \frac{\text{m}}{\text{seg}} \right]$

CABEZAL DE VELOCIDAD:  $\frac{V^2}{2 \cdot g} = \frac{3.057^2 \left[ \frac{\text{m}^2}{\text{seg}^2} \right]}{2 \cdot 9.81 \left[ \frac{\text{m}}{\text{seg}^2} \right]} = 0.47643 [\text{m}]$

NUMERO DE REYNOLDS:  $Re = \frac{V \cdot D}{\nu} = \frac{305.7 \left[ \frac{\text{cm}}{\text{seg}} \right] \cdot 1.270 [\text{cm}]}{0.008 \left[ \frac{\text{cm}^2}{\text{seg}} \right]} = 4.8548E + 4$

DE LAS TABLAS DE MOODY:  $f=0.045$ , siendo  $f$ , factor de fricción.

PENDIENTE DE FRICCION:  $S_f = \frac{f}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} = \frac{0.045}{0.01270 [\text{m}]} \cdot 0.47643 [\text{m}] = 1.6877$

PERDIDAS POR LARGO DE CAÑERÍA:  $S_f \cdot L = 1.6877 \cdot 2.6 = 4.388 [\text{m}]$

SUMATORIA DE PERDIDAS POR ACCESORIOS:

$$\sum \text{TOTAL PERDIDAS} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} = 2.27 \cdot 0.476 = 1.08 [\text{m}]$$

**TOTAL PERDIDAS EN  $H_f$ :**  $4.388 + 1.08 = 5.468 [\text{m}]$

$$H_1 = H_2$$

$$H_1 = \frac{V_2^2}{2 \cdot g} + 0.7 + 5.468$$

; el cabezal del punto 1 dependerá de la velocidad del fluido, la diferencia de altura que debe recorrer y las pérdidas en los tramos.

**RAMAL: PUNTO A (H<sub>A</sub>) - PUNTO A2 (H<sub>A2</sub>)**

LONGITUD TOTAL DEL RAMAL: 5.3 m  
 DIÁMETRO DEL RAMAL: 0.5 pulg = 12.70 mm

**FACTORES DE PERDIDA POR ACCESORIOS:**

TEE:	0.55
LLAVE COMPUERTA:	0.08
REDUCCION, DIAM. 0.75 - 0.5:	0.24
2 SALIDA BRUSCA:	1.4

$$\sum \text{TOTAL PERDIDAS} = 2.27$$

VELOCIDAD DEL AGUA EN LA CANERÍA:  $V = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot 6 \cdot 3.875}{\pi \cdot 60 \cdot 1000 \cdot 0.01270^2} = 3.057 \left[ \frac{\text{m}}{\text{seg}} \right]$

CABEZAL DE VELOCIDAD:  $\frac{V^2}{2 \cdot g} = \frac{3.057^2 \left[ \frac{\text{m}^2}{\text{seg}^2} \right]}{2 \cdot 9.81 \left[ \frac{\text{m}}{\text{seg}^2} \right]} = 0.47643 [\text{m}]$

NUMERO DE REYNOLDS:  $Re = \frac{V \cdot D}{\nu} = \frac{305.7 \left[ \frac{\text{cm}}{\text{seg}} \right] \cdot 1.270 [\text{cm}]}{0.008 \left[ \frac{\text{cm}^2}{\text{seg}} \right]} = 4.8548E + 4$

DE LAS TABLAS DE MOODY:  $f=0.045$ , siendo  $f$ , factor de fricción.

PENDIENTE DE FRICCIÓN:  $S_f = \frac{f}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} = \frac{0.045}{0.01270 [\text{m}]} \cdot 0.47643 [\text{m}] = 1.6877$

PÉRDIDAS POR LARGO DE CAÑERÍA:  $S_f \cdot L = 1.6877 \cdot 5.3 = 8.944 [\text{m}]$

**SUMATORIA DE PERDIDAS POR ACCESORIOS:**

$$\sum \text{TOTAL PERDIDAS} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} = 2.27 \cdot 0.476 = 1.08 [\text{m}]$$

**TOTAL PERDIDAS EN H<sub>f</sub>:**  $8.944 + 1.08 = 10.04 [\text{m}]$

$$H_1 = H_2$$

$$H_1 = \frac{V_1^2}{2 \cdot g} + 0.7 + 10.04$$

; el cabezal del punto 1 dependerá de la velocidad del fluido, la diferencia de altura que debe recorrer y las pérdidas en los tramos.

**RAMAL: PUNTO A (H<sub>A</sub>) - PUNTO A3 (H<sub>A3</sub>)**

LONGITUD TOTAL DEL RAMAL: 3.6 m  
 DIÁMETRO DEL RAMAL: 0.5 pulg = 12.70 mm

**FACTORES DE PERDIDA POR ACCESORIOS:**

TEE: 0.55  
 LLAVE COMPUERTA: 0.08  
 REDUCCION, DIAM. 0.75 - 0.5: 0.24  
 2 SALIDA BRUSCA: 1.4

$$\sum \text{TOTAL PERDIDAS} = 2.27$$

VELOCIDAD DEL AGUA EN LA CAÑERÍA:  $V = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot 6 \cdot 3.875}{\pi \cdot 60 \cdot 1000 \cdot 0.01270^2} = 3.057 \left[ \frac{\text{m}}{\text{seg}} \right]$

CABEZAL DE VELOCIDAD:  $\frac{V^2}{2 \cdot g} = \frac{3.057^2 \left[ \frac{\text{m}^2}{\text{seg}^2} \right]}{2 \cdot 9.81 \left[ \frac{\text{m}}{\text{seg}^2} \right]} = 0.47643 [\text{m}]$

NUMERO DE REYNOLDS:  $Re = \frac{V \cdot D}{\nu} = \frac{305.7 \left[ \frac{\text{cm}}{\text{seg}} \right] \cdot 1.270 [\text{cm}]}{0.008 \left[ \frac{\text{cm}^2}{\text{seg}} \right]} = 4.8548E + 4$

DE LAS TABLAS DE MOODY:  $f=0.045$ , siendo  $f$ , factor de fricción.

PENDIENTE DE FRICCION:  $S_f = \frac{f}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} = \frac{0.045}{0.01270 [\text{m}]} \cdot 0.47643 [\text{m}] = 1.6877$

PERDIDAS POR LARGO DE CAÑERÍA:  $S_f \cdot L = 1.6877 \cdot 3.6 = 6.075 [\text{m}]$

**SUMATORIA DE PERDIDAS POR ACCESORIOS:**

$$\sum \text{TOTAL PERDIDAS} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} = 2.27 \cdot 0.476 = 1.08 [\text{m}]$$

**TOTAL PERDIDAS EN H<sub>f</sub>:**  $6.075 + 1.08 = 7.155 [\text{m}]$

$$H_1 = H_2$$

$$H_1 = \frac{V_1^2}{2 \cdot g} + 0.7 + 7.155$$

; el cabezal del punto 1 dependerá de la velocidad del fluido, la diferencia de altura que debe recorrer y las perdidas en los tramos.

## **BIBLIOGRAFIA**

1. ABS, Rules for Building and Classing- Steel Vessel under 90 meters in Length, ABS, 1997.
2. Alvariño R., Aspiro J., Meizoso M., El Proyecto Básico del Buque Mercante, Fondo Editorial de Ingeniería Naval, 1997.
3. Astilleros Navales Ecuatorianos, Carpeta No. 02 del Proyecto Remolcadores para ESSUB, 1977, No publicado.
4. Autoship Systems Corporation, User's Manual Autoship, Vancouver – Canada, 1994.
5. Caldwell's, Screw Tug Design. Hutchinson Educational Ltd., London, 1969.
6. Caterpillar, Marine Selection Guide, U.S.A., 1999.
7. Detroit Diesel, Elements of Marine Propulsión, Detroit-Michigan, 2002.
8. Domínguez M, Cálculo de Estructura de Buques, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales, Madrid, 1969.



9. Glasser Smith, "Manual de Medidas y Pesos de Metales", Journal, New York, 2001.
10. Mandelli A, Elementos de Arquitectura Naval, Editorial Alsina, Buenos Aires, 1986.
11. NAVSEA, Preservation of Ships in Service, Department of the Navy, Washington, 1998.
12. The Society of Naval Architects and Marine Engineers, Modern Tug Design. New York, 1957.
13. U.S.A. Department of Commerce, Tugboat Design Data, Washington, 1980.
14. USSR Register of Shipping, Rules for the Classification and Construction of Sea- Going Ships, Leningrad, 1978.