

ESCUELA SUPERIOR
POLITECNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERIA MARITIMA Y CIENCIAS DEL MAR

"DISEÑO DE UNA EMBARCACION DESCONTAMINANTE
PARA OPERAR EN AGUAS ECUATORIANAS"

TESIS DE GRADO

Previa la obtención del Título de:

INGENIERO NAVAL

Presentada por:

JOSE VICENTE MENDIETA LUCAS

GUAYAQUIL - ECUADOR

1.986

A G R A D E C I M I E N T O

Al ING. WILMO JARA CALDERON,
Director de Tesis por su va-
liosa ayuda y colaboración
para la realización de este
trabajo.

D E D I C A T O R I A

A MI PADRE:

Sr. Modesto Mendieta Cabrera

A MI MADRE:

Sra. Rosa Lucas Holguín

A MI HERMANA:

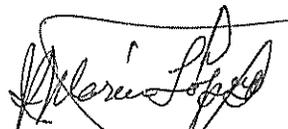
Srta. Lourdes Mendieta Lucas

A LA SENORITA:

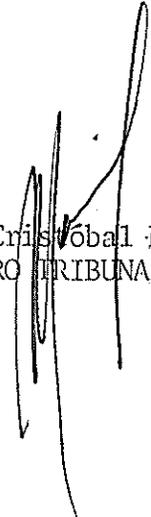
Marianita Santos Toro



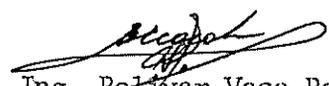
Ing. Marco Velarde Toscano
PRESIDENTE TRIBUNAL



Ing. José Martín López
MIEMBRO TRIBUNAL
DE TESIS



Ing. Cristóbal Mariscal Díaz
MIEMBRO TRIBUNAL DE TESIS



Ing. Belívar Vaca Romo
MIEMBRO TRIBUNAL DE TESIS

DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la ESPOL).

.....
✓ JOSE VICENTE MENDIETA LUCAS

R E S U M E N

El trabajo aquí desarrollado, cuyo análisis abarca desde las consideraciones de diseño hasta los costos de una embarcación descontaminante para operar en aguas ecuatorialnas, está basado en la recopilación de datos de libros, revistas, artículos, seminarios, etc., que tratan sobre la contaminación y descontaminación de los mares.

Para el diseño de la embarcación se ha tomado en consideración el análisis de las condiciones ambientales y de los distintos tipos de embarcaciones que realizan las operaciones de recolección de petróleo derramado.

Los equipos apropiados para esta embarcación, han sido seleccionados de los existentes en el mercado nacional o que tienen representantes en el país, para así tener facilidades y garantías en la instalación, mantenimiento y reparación.

El análisis del costo del proyecto se ha basado en los precios actuales de los materiales y de la mano de obra existente en el medio, dando un costo total muy competitivo con respecto a embarcaciones similares que se venden en el extranjero.

I N D I C E G E N E R A L

	Pág.
RESUMEN	VI
INDICE GENERAL	VII
INDICE DE FIGURAS	XI
INDICE DE TABLAS	XIII
INTRODUCCION	18
I, CAPITULO	22
ASPECTOS GENERALES SOBRE CONTAMINACION POR DERRAME DE PETROLEO EN EL MAR.	22
1.1 Consecuencias debido a derrames de pe- tróleo.	22
1.2 Efectos por derrames de petróleo en la costa ecuatoriana, considerando aspectos ecológicos y turísticos.	28
1.2.1 Efectos para la industria pes- quera.	32
1.2.2 Efectos para la industria camaro <u>o</u> nera.	32
1.2.3 Efectos en la industria turísti- ca.	33
II, CAPITULO	36
ANALISIS DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES QUE AFECTAN LOS DERRAMES DE HIDROCARBUROS EN EL MAR.	36
2.1 Corrientes	36
2.2 Mareas	37
2.3 Vientos	39

Nº	Pág.
2.4 Olas	55
III. CAPITULO	57
EMBARCACIONES QUE SE UTILIZAN EN EL PROCESO DE RECOGIDO DE PETROLEO DERRAMADO EN EL MAR.	57
3.1 Tipo de embarcaciones que existen para este fin.	57
3.1.1 Recolectores de vertedero	58
3.1.2 Recolectores de aspiración	60
3.1.3 Recolectores centrífugos	62
3.1.4 Recolectores sumergidos	65
3.1.5 Recolectores de sorbentes super- ficiales.	67
3.2 Determinación del tipo apropiado para el medio.	69
IV. CAPITULO	73
SELECCION DEL EQUIPO APROPIADO PARA ESTE PRO- POSITO.	73
4.1 Generalidades	73
4.2 Selección del motor hidráulico propul- sor del conjunto de la banda recolecto- ra.	74
4.3 Selección de la bomba para el manejo del petróleo.	81
V. CAPITULO	90
DISEÑO DE LA EMBARCACION	90
5.1 Selección de dimensiones	90
5.2 Líneas de forma	95
5.3 Cálculos hidrostáticos	99
5.4 Cálculos estructurales	104
5.4.1 Quilla, roda y codaste	105

Nº		Pág.
	5.4.1.1 Quillas de barras ...	105
	5.4.1.2 Rodas de barra	107
	5.4.1.3 Codaste de barra	108
5.4.2	Planchas de forro exterior y <u>cu</u> bierta.	109
	5.4.2.1 Planchas del forro del fondo.	110
	5.4.2.2 Planchas del forro del costado.	112
	5.4.2.3 Cubierta	113
5.4.3	Planchas de mamparos	116
	5.4.3.1 Construcción de mampar- ros de tanques profun- dos.	116
5.4.4	Bularcamas, vigas longitudina- les y transversales.	121
	5.4.4.1 General	121
	5.4.4.2 Módulo resistente ...	122
	5.4.4.3 Proporciones	124
5.4.5	Cuadernos, baos y refuerzos de mamparos.	126
5.4.6	Superestructura	152
	5.4.6.1 Planchas del costado .	152
	5.4.6.2 Mamparos extremos ...	152
5.5	Distribución, compartimentaje	161
5.6	Instalación de equipos	167
	5.6.1 Sistema de propulsión	167
	5.6.2 Sistema de gobierno	168
	5.6.3 Sistema eléctrico	169
	5.6.4 Equipo de navegación y electrón- ico.	169
	5.6.5 Circuito contra incendio	170
	5.6.6 Circuito de Achique y Sentina .	172
	5.6.7 Circuito de llenado de lastre .	173

Nº		Pág.
	5.6.8 Circuito de agua dulce	174
	5.6.9 Circuito de aguas servidas ...	174
	5.6.10 Equipo de cocina y menaje	175
	5.6.11 Grúa	175
	5.6.12 Equipo de fondeo	177
	5.6.13 Equipo de salvataje	178
VI.	CAPITULO	179
	COSTO DEL PROYECTO	179
	6.1 Programa general de la construcción .	179
	6.2 Mano de obra	183
	6.3 Materiales	185
	6.4 Costo total vs. servicios prestados .	189
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	192
	APENDICES	195
	BIBLIOGRAFIA	199

INDICE DE FIGURAS

Nº		Pág.
1.	Contaminación del mar producida por hundimiento de buque tanque.	23
2.	Derrame de petróleo durante operación de <u>des</u> carga.	25
3.	Máquina de lavado utilizado en tanqueros modernos.	25
4.	Peces muertos por efectos de contaminación .	27
5.	Perfil del Litoral Ecuatoriano	28-A
6.	Manglares atacados por residuos de petróleo.	31
7.	Registros de mareas de sicigias para los puertos de Esmeraldas y Manta.	40
8.	Registro de mareas de sicigias para La Liber <u>ta</u> d y Guayaquil.	41
9.	Principio de operación de los recolectores del tipo vertedero.	59
10.	Embarcación descontaminante con equipo recolector de vertedero.	59
11.	Equipo de aspiración recogiendo petróleo ..	61
12.	Principio de operación de los recolectores centrífugos.	63
13.	Equipo centrífugo en faena de limpieza	64
14.	Principio de operación de los recolectores sumergidos de plano inclinado.	66

Nº		Pág.
15.	Embarcación con equipo recolector de plano inclinado.	66
16.	Embarcación recolectora con equipo de cordón oleofílico.	68
17.	Barco recolector apto para la costa ecuato- riana.	72
18.	Factor de fricción para flujo completamente desarrollado en tubos circulares.	83
19.	Valores de rugosidad relativa	88
20.	Tipos de Bularcamas	125

INDICE DE TABLAS

Nº		Pág.
I.	Velocidad del viento para la estación de Enero-Abril.	43
II.	Velocidad del viento en la estación de Esmeraldas, Mayo-Agosto.	44
III.	Velocidad del viento en la estación de Esmeraldas, Septiembre-Diciembre.	45
IV.	Velocidad el viento en el Puerto de Manta de Enero-Abril.	46
V.	Velocidad del viento en el Puerto de Manta de Mayo-Agosto.	47
VI.	Velocidad del viento en el Puerto de Manta de Setiembre-Diciembre.	48
VII.	Velocidad del viento en Salinas de Enero- Abril	49
VIII.	Velocidad del viento en Salinas de Mayo- Agosto.	50
IX.	Velocidad del viento en Salinas de Setiem- bre-Diciembre.	51
X.	Velocidad del viento en Guayaquil de Enero- Abril	52
XI.	Velocidad del viento en Guayaquil de Mayo- Agosto.	53

Nº		Pág.
XII.	Velocidad del viento en Guayaquil de Setiembre-Diciembre.	54
XIII.	Cronograma de trabajos de construcción ...	182
XIV.	Cálculo de la potencia potencia efectiva..	196

S I M B O L O G I A

ρ	=	densidad
a	=	ancho
l, t	=	espesor
V	=	volumen
w	=	peso
g	=	aceleración de la gravedad
l	=	longitud de la banda
d	=	distancia
ϕ	=	diámetro
T	=	Tiempo
v	=	velocidad
\dot{m}	=	flujo másico
N	=	número de vueltas por minuto
P	=	Potencia
K	=	factor de seguridad
E	=	Energía
h	=	altura
F	=	Fuerza
H	=	Cabezal
Q	=	Caudal
L _{ee}	=	Longitud equivalente
D _h	=	diámetro hidráulico
A	=	área

γ	=	viscosidad
f	=	factor de fricción
SM	=	Módulo Seccional
y	=	distancia al eje neutro
I	=	Inercia
CB	=	Centro de boyantez
CG	=	Centro de gravedad
C.F.L.	=	Centro de flotación longitudinal
L	=	eslora
ω, b	=	ancho
b	=	ancho
s	=	separación
d	=	calado
D	=	Puntal
B	=	manga
BM_t	=	Radio metacéntrico transversal
GM_t	=	Altura metacéntrica transversal
BM_L	=	Radio metacéntrico longitudinal
GM_L	=	Altura metacéntrica longitudinal
T	=	Tonelada por centímetro de inversión
I_L	=	Inercia del plano de flotación longitudinal
I_T	=	Inercia del plano de flotación transversal
ΔAD	=	Desplazamiento en agua dulce
ΔAD	=	Desplazamiento en agua salada
KB	=	Centro de boyantez desde la quilla
KM	=	Altura del metacentro desde la quilla

V	=	volumen de desplazamiento
V _c	=	volumen del casco
TRB	=	Tonelaje de registro bruto
TRN	=	Tonelaje de registro neto
EHP	=	Potencia efectiva del buque
SHP	=	Potencia al eje
BHP	=	Potencia al freno
n _H	=	Eficiencia al casco
n _r	=	Eficiencia del reductor
n _{rr}	=	Eficiencia relativa rotativa
n _s	=	Eficiencia del eje
n _p	=	Eficiencia de la hélice

I N T R O D U C C I O N

Los derrames de hidrocarburos en el mar y ríos navegables, por parte de embarcaciones que lo transportan, producen la contaminación de las mismas, alterando su composición química, ocasionando daños a la ecología del sistema.

Se tiene por ejemplo el accidente del Buque Tanque Torrey Canyon en marzo de 1967, que produjo un derrame de 50.000 toneladas de petróleo, que puso en alerta al mundo sobre el problema que causa la contaminación por hidrocarburos. Los resultados del accidente fueron desastrosos para las costas británicas y francesas.

Se pueden citar otros accidentes de gran magnitud. El caso del B/T Metula y Cabo Tomar en Chile (30.000 toneladas) el B/T Argo Merchán (27.000 toneladas) en Estados Unidos y el B/T Amoco Cádiz en Francia (200.000 toneladas). Todos estos derrames contribuyeron a la toma de medidas, para prevenir accidentes por derrames de hidrocarburos.

La otra dimensión del problema está relacionada con la capacidad de un país para legislar sobre la contamina-

ción marina y los mecanismos para asegurar el cumplimiento de normas preventivas y la sanción a su violación.

También la experiencia señala que la mayoría de los accidentes en buques o terminales petroleros se deben a fallas humanas; por lo tanto, la capacitación del personal será un ingrediente básico para disminuir el problema.

Deficiencias en aspectos de seguridad marítima son otra causa de accidentes de buques que resultan a veces en grandes derrames.

En los últimos años se ha producido un incremento de tráfico naviero de buques-tanques en las costas ecuatorianas, por lo que éstas se ven constantemente amenazadas. Nuestro país, como miembro activo de la Organización Consultiva Marítima Intergubernamental (IMCO), ha ratificado los convenios para la prevención de la contaminación de las aguas del mar por petróleo (1954) y sus enmiendas (1969) sobre responsabilidad civil por daños causados por la contaminación de las aguas del mar por hidrocarburos. El organismo responsable de la prevención y control de la contaminación marina es la Dirección General de la Marina Mercante, la cual se encarga de la preparación y ejecución de programas destinados a minimizar la contaminación de las aguas costeras, contando con la ayuda de la

Capitanías de Puertos y Superintendencias de los Terminales Petroleros.

A pesar de todos los programas destinados a minimizar la contaminación siempre habrá derrames de combustibles en el mar (debido a roturas de mangueras, fugas por tuberías, fallas humanas, etc.) los cuales hasta la presente fecha han sido tratados con dispersantes químicos, pero de producirse un derrame de grandes proporciones, el costo que representaría al país el tratar la mancha con dispersantes químicos sería demasiado alto (aproximadamente 130 sucres por galón derramado). Considerando la posibilidad de que un derrame de grandes proporciones ocurra ya que el país tiene terminales petroleros en Balao, por el cual se movilizan 23.000 toneladas de petróleo y sus derivados diariamente y en la Libertad (8.000 toneladas diarias), se hace una necesidad eminente poseer otro medio para tratar los derrames. Es por esta razón, que la Superintendencia del Terminal Petrolero de Balao, a licitado la adquisición de una embarcación descontaminante.

CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES SOBRE CONTAMINACION POR DERRAME DE PETROLEO EN EL MAR.

1.1 CONSECUENCIAS DEBIDO A DERRAMES DE PETROLEO.-

Es importante destacar que dentro de la contaminación de muchos de los mares, los derrames petroleros han aumentado y por ende se ha incrementado también el deterioro ambiental de los océanos.

La magnitud real de los daños causados por la contaminación debido al petróleo son difíciles de evaluar, ya que no se trata de una sola sustancia, sino de una mezcla de sustancias. La composición de la sustancia derramada, determinará como se descompone el medio ambiente. En consecuencia, es importante conocer la constitución del petróleo derramado para ayudar a predecir su comportamiento.

El petróleo crudo y los derivados tienen menores densidades que el agua del mar, por lo tanto, deben flotar. Sin embargo, después de ocurrido un derrame, parte de éste se ha encontrado en el lecho mari

no. Este petróleo decantado se adhiere a los sedimentos marinos y terrestres, y no es biodegradable. Aún más, si el sedimento se transporta, la zona afectada puede aumentar en área con el tiempo.

El transporte de petróleo por tanqueros puede producir la contaminación del mar en cualquiera de las rutas, probablemente durante las operaciones de terminal, cuando el petróleo está siendo cargado o descargado, la contaminación será mayor. La fotografía I, muestra el hundimiento de un tanquero y la Figura 2, un derrame en un terminal.

El crecimiento del consumo de hidrocarburos ha producido un crecimiento similar al de la flota mundial de buques tanques, tanto en el tamaño de los buques como en su número.

Igualmente, el desarrollo de la industria petrolera, se ha traducido en la instalación de refinerías en su mayoría costeras, y en actividades de exploración y explotación de petróleo costa afuera.

Todo este manejo de hidrocarburos en zonas costeras envuelve un serio riesgo de contaminación y deterioro de los recursos marinos.

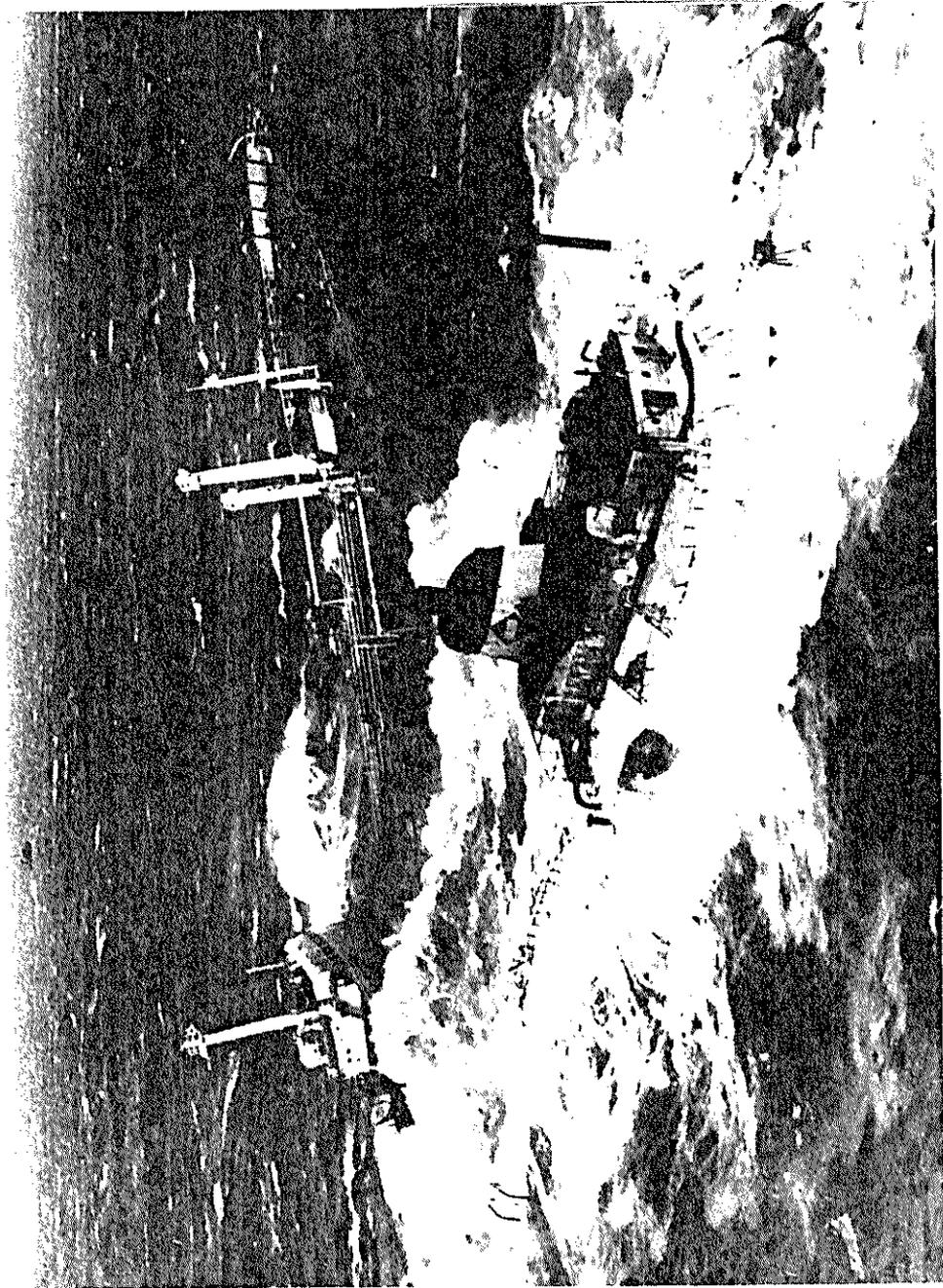


FIG 1 CONTAMINACION DEL MAR PRODUCIDA POR HUNDIMIENTO DE BUQUE TANQUE

Otro peligro para los océanos y para los estados ri
bereños, se deriva de las operaciones de limpieza
de los tanques que efectúan los tripulantes de los
petroleros. Normalmente cuando se cambia de producto
de un viaje a otro, hay que limpiar los tanques
de carga durante el viaje de retorno. El procedi-
miento habitual consiste en utilizar máquinas espe-
ciales que lanzan chorros de agua de alta presión,
dirigidos a las paredes interiores del tanque, para
eliminar los residuos aceitosos que quedan una vez
descargado el petróleo; como resultado de esta ope-
ración se forma una mezcla de hidrocarburo en el
fondo de los tanques de carga (Figura 3).

También es necesario llenar con agua algunos de los
tanques de carga en el viaje de retorno a fin de
que el buque tenga el calado suficiente para manio-
brar adecuadamente. El agua utilizada con ese objeto
también se contamina de residuos aceitosos.

La mezcla de hidrocarburos y agua debe eliminarse
de estos tanques, antes de que el buque pueda tomar
otro cargamento. En el pasado, la práctica habitual
era descargar esta mezcla directamente al mar.

Hoy en día no todos los buques tanques arrojan di-
rectamente al mar los residuos hidrocarburiferos,



FIG. 2: DERRAME DE PETROLEO DURANTE OPERACION DE DESCARGA



FIG.3: MAQUINA DE LAVADO UTILIZADA EN TANQUEROS MODERNOS

procedentes de las operaciones de limpieza de sus tanques. Los buques modernos poseen separadores de agua-petróleo, los que procesan la mezcla antes de arrojarla al mar disminuyendo el grado de contaminación que pueda producirse.

Entre los principales efectos que causan los derrames de petróleo en el mar, se tiene:

- a) Mal aspecto visual; un mar completamente limpio dá una sensación agradable, no así la presencia de una "marea negra".
- b) Los hidrocarburos arrojados al mar dificultan la oxigenación de las aguas y al mismo tiempo consume el oxígeno que necesita para su degradación.
- c) Impide el proceso de fotosíntesis indispensable para el desarrollo del fotoplacton (primer eslabón de la cadena alimenticia).
- d) Una marea negra arraza con las especies fijas como moluscos, crustáceos y mariscos costeros, los mismos que se impregnan de petróleo quedando no aptos para el consumo humano.



FIG 4 PECES MUERTOS POR EFECTO DE CONTAMINACION

- e) A las aves marinas, su plumaje impregnado de petróleo les impide volar, padeciendo por lo general una muerte lenta.
- f) Los peces también son víctimas de la contaminación por productos derivados del petróleo el Benzopileno tiene propiedades cancerigenas para el hombre (Figura 4).

1.2 EFECTOS POR DERRAMES DE PETROLEO EN LA COSTA ECUATORIANA, CONSIDERANDO ASPECTOS ECOLOGICOS Y TURISTICOS.-

En el litoral ecuatoriano, Figura 5, la contaminación por hidrocarburos se debe principalmente al transporte marítimo de petróleo crudo y sus derivados, y a las refinerías de petróleo de la Libertad y de Esmeraldas. En el futuro habrá que tomar en cuenta la exploración y explotación del subsuelo marino. Los focos de contaminación principalmente de petróleo y/o derivados existentes se deben a las siguientes causas:

- a) Emanaciones naturales procedentes de antiguos pozos de petróleo.

- b) Limpieza de tanques, fallas en las válvulas y mangueras en la entrega de petróleo y/o derivados en los puertos de carga y descarga.
- c) Limpieza de tanques, motores, etc., en diques y varaderos.
- d) Achique de sentina en puertos
- e) Achique de sentinas y de lastre en rutas de tráfico marítimo a poca distancia de la costa.
- f) Muelles de desguace de buques
- g) Estaciones de servicios y talleres mecánicos

Los efectos adversos ocasionados por una descarga de petróleo en el medio marino depende de muchos factores tales como: el tipo de hidrocarburo derramado, las estaciones del año, las características ambientales (temperatura, oleaje, salinidad, corrientes, vientos contenido de oxígeno), y la estructura del ecosistema afectado.

Tanto las descargas accidentales puntuales como las intencionales continuas, tienen graves efectos en

la ecología. No solamente la mortalidad inmediata es la consecuencia ecológica de mayor significación en la contaminación por petróleo.

Los manglares, importantes sistemas ecológicos, que ocupan determinados márgenes de las costas tropicales y subtropicales, son zonas muy sensibles a los derrames de petróleo (Figura 6).

Su tasa de productividad biológica es alta, debido a la abundancia de nutrientes y disponibilidad de energía, por lo que se las considera importantes zonas económicas y ecológicas.

En la Provincia de Esmeraldas, se estima que hay aproximadamente de 30.967 has., de manglares. En la Provincia de Manabí hay 3.745 has. En la Provincia del Guayas 95.190 has., y en la Provincia de El Oro 45.265 has., dando un total estimado de 175.167 has., las que en su mayoría están ocupadas por los criaderos de ostras, mejillones, almejas, conchas, cangrejos y camarones, lo que constituye una buena fuente de ingresos para el país, ya que la mayor cantidad de estos crustáceos, principalmente camarón son exportables.

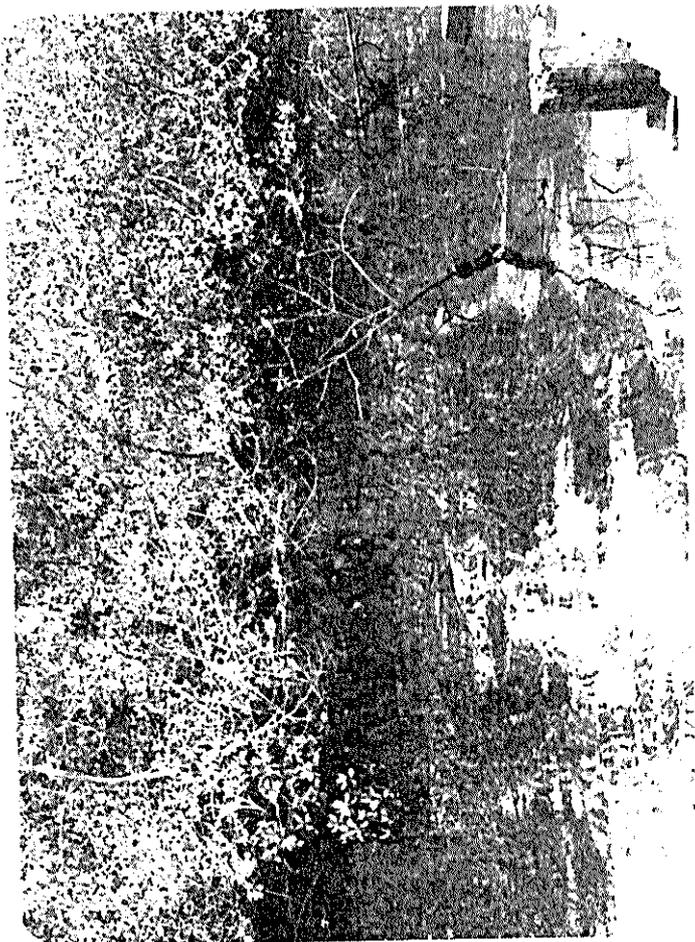


FIG 6 MANGLARES ATACADOS POR RESIDUOS DE PETROLEO

Es necesario tener mucho cuidado con estas zonas, siendo conveniente estar preparado, para reducir al mínimo cualquier daño producido por un derrame de petróleo.

1.2.1 Efectos para la industria pesquera.-

Un derrame de petróleo puede afectar a la industria pesquera de la zona en diversas formas.

- a) Disminuyendo o anulando la captura (por migración de peces o por prohibición de la captura).
- b) Disminuyendo la demanda (por semanas o meses).
- c) Contaminando el agua utilizada por plantas industriales.

Los efectos en la industria pesquera resultan socialmente graves, al considerar que es la fuente de ingresos de sectores de población de escasos recursos económicos.

1.2.2 Efectos para la industria camaronera.-

Cualquier derrame mayor que se produjera en

el estuario del Guayas, ocasionará pérdidas económicas muy grandes a los camarones que resultaren afectados. Debe tenerse presente también que, para este caso particular, no podrán usarse sustancias químicas para disolver el petróleo derramado, por una parte, la corriente del Río Guayas a la que ocasiona la marea en los esteros dispersará los agentes químicos rápidamente a extensas áreas, por otra, los camarones y cualquier otra especie biológica en estado larvario o post-larvario, son muy susceptibles a la acción de elementos extraños.

La gran cantidad de laboratorio (hatcheries) que se están instalando a lo largo de la costa ecuatoriana, para la producción de larvas de camarón, hace pensar que la contaminación por petróleo puede ser su peor enemigo, puesto que el agua de mar que utilizan debe ser de excepcional pureza.

1.2.3 Efectos en la industria turística.-

La industria turística es un sector muy importante de la economía del país. Un derra

me de petróleo puede afectar considerablemente la actividad turística de una localidad o región.

La magnitud de los daños en un balneario dependerán de las condiciones en que ocurra el derrame. Estas pueden ser serias, por ejemplo:

- a) Cuando el derrame contamina todas o gran parte de las playas de la localidad, éstas se paralizan.
- b) El viento arrastra el derrame a las playas por varios días, de acuerdo a su extensión, éstas pueden resultar afectadas total o parcialmente.
- c) La zona a sufrido pequeños derrames previamente, los que han sido muy conocidos, y se ha difundido la noticia en los medios de comunicación.

Los más afectados son los propietarios de hoteles, restaurantes, comercio local y los propietarios de casas de verano para arriendo o uso directo.

En algunos casos el efecto de un derrame en estos sectores, medido en términos económicos, puede ser cuantioso a escala local o regional. Una muestra de esto puede ser el efecto que causó el accidente del B/T SAINT PETER (4 de febrero, 1976), frente a las costas de Esmeraldas, afectando las playas recreacionales de Atacames, Súa y Muisne.

Por la ubicación de las refinerías y por el tráfico de buques tanque de cabotaje nacional, los balnearios más afectados, en caso de derrame serían los que están al norte de la Libertad como: Ballenita, Valdivia, San Pablo, Palmar, Ayangue, pudiendo resultar afectados los balnearios del Sur de Manabí (Puerto López, Puerto Machalilla y Puerto Cayo).

En la Provincia de Esmeraldas, las playas de Esmeraldas serían las más afectadas con el consiguiente perjuicio económico y social de las gentes que se dedican al negocio de mariscos y restaurantes.

CAPITULO II

ANALISIS DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES QUE AFECTAN LOS DERRAMES DE HIDROCARBUROS EN EL MAR

El movimiento de una mancha de petróleo en el mar, está regulado por la acción del viento y las corrientes del mar, parámetros al que debe sumarse la influencia del oleaje que en igual forma contribuye al desplazamiento de la mancha de petróleo, aunque su acción es menor en relación con los dos parámetros indicados en este acápite.

Constituyendo el viento, las corrientes y el oleaje los parámetros de mayor influencia en el movimiento de la mancha de petróleo derramada en el mar; es importante conocer en qué consiste cada uno de ellos.

2.1 CORRIENTES.-

Tratándose de un análisis de este parámetro en la Costa Ecuatoriana, vale hablar exclusivamente de las corrientes de marea, las mismas que son corrientes periódicas producidas por las mareas. En forma general,

estas corrientes son débiles en alta mar, pero cerca de las costas se incrementa su velocidad.

Las corrientes de mareas son corrientes que transportan una masa de agua de mar sobre un gran espesor.

Para el análisis que se desea realizar debemos indicar que este tipo de corriente es muy fácil predecir, luego de la realización de observaciones permanentes.

En igual forma es importante conocer la intensidad de las corrientes superficiales, como subsuperficiales.

Procediendo a obtener un promedio de velocidad de corrientes superficiales, se tiene una intensidad promedio de 0.40 nudos y una corriente subsuperficial a 3 metros de profundidad desde la superficie, con un promedio de 0.18 nudos.

2.2 MAREAS.-

Las mareas se las clasifica en diurnas, semidiurnas y mixtas.

Se considera una marea diurna, cuando se produce una pleamar y una bajamar durante cada día-fenómeno, que se mantiene en la mayor parte del mes.

En el caso de las mareas semidiurnas, se caracterizan por la presencia de dos pleamares y dos bajamares durante cada día, además tiene la particularidad de sus respectivas alturas que son relativamente pequeñas.

Para el estudio que se está realizando, es muy importante conocer el tipo de marea que se tiene en nuestros puertos de la Costa Ecuatoriana, igualmente la variación de marea en cada uno de ellos, a fin de conocer las condiciones de profundidad en las que operaría nuestra embarcación.

Con esta finalidad se procedió a plotear y graficar, un registro de mareas de sicigias para los puertos de Esmeraldas, de Manta, de La Libertad y de Guayaquil. Estos datos fueron tomados de las tablas de pronósticos de mareas elaboradas por INOCAR para el año 1985.

Como puede observarse, la primera conclusión sobre el estudio de mareas, es de que nos encontramos

con la presencia de ondas semidiurnas; ésto es, se presentan dos pleamares y dos bajamares cada día, en cada uno de los puertos analizados. Referente a la variación de mareas, se tiene los siguientes resultados:

ESTACION	MHWS	MLWS	VARIACION PROMEDIO	VARIACION MAXIMA
Puerto de Esmeraldas	3.21	0.26	2.95	3.60
Puerto de Manta	2.78	0.31	2.47	3.10
Puerto La Libertad	2.36	0.24	2.12	2.70
Puerto de Guayaquil	4.42	0.24	4.18	4.60

El registro ploteado de las variaciones de mareas se muestra en las Figuras 7 y 8, respectivamente y que se presentan a continuación.

2.3 VIENTOS:-

El viento en una forma general, es el movimiento de una masa de aire que es generado fundamentalmente a causa de la diferencia de presiones entre dos zonas de la superficie terrestre.

Esta diferencia de presiones está regulada por la posición geográfica, la orografía y las estaciones

del año, factores que determinan que la tierra tenga zonas de distintos calentamientos, produciéndose consecuentemente núcleos de altas y bajas presiones.

El aire va a tender a moverse desde los núcleos de alta presión a los de baja presión, con la tendencia de lograr el equilibrio de la masa de aire, este movimiento será mucho más acentuado si es mayor la pendiente barométrica.

El instrumento que se utiliza para medir la variación del viento se llama Anemómetro.

Con la finalidad de presentar datos estadísticos de la velocidad del viento, a continuación se presenta las Tablas I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX, X, XI y XII; en las que se resume la velocidad del viento, su dirección predominante y el porcentaje de ocurrencia en la dirección indicada para las cuatro estaciones meteorológicas a lo largo de la Costa Ecuatoriana, éstos es los puertos de Esmeraldas, Manta, Salinas y el de Guayaquil. Estas estadísticas son tomadas del Atlas Meteorológico del Mar Territorial Ecuatoriano, publicado por el Instituto Oceanográfico de la Armada, el mismo que

TABLA I VELOCIDAD DEL VIENTO

VELOCIDAD DEL VIENTO		DIRECCION PREDOMINANTE	PORCENTAJE DE OCURENCIA	VELOCIDAD DEL VIENTO		DIRECCION PREDOMINANTE	PORCENTAJE DE OCURENCIA		
E N E R O		3.3 m/seg,	Oeste	42.5%	F E B R E R O		3.1 m/seg.	Oeste	44.5%
M A R Z O		2.9 m/seg.	Oeste Sur	54 %	A B R I L		5.1 m/seg,	Oeste	59 %

FUENTE: Atlas Meteorológico del Mar
Territorial Ecuatoriano
(INOCAR).

ESTACION ESMERALDAS

TABLA II VELOCIDAD DEL VIENTO

M A Y O		VELOCIDAD DEL VIENTO	DIRECCION PREDOMINANTE	PORCENTAJE DE OCURENCIA	O I N D I O		VELOCIDAD DEL VIENTO	DIRECCION PREDOMINANTE	PORCENTAJE DE OCURENCIA
		3.7 m/seg.	Oeste	44 %			3.9 m/seg.	Oeste	44 %
J U N I O		VELOCIDAD DEL VIENTO	DIRECCION PREDOMINANTE	PORCENTAJE DE OCURENCIA	O I S O G O		VELOCIDAD DEL VIENTO	DIRECCION PREDOMINANTE	PORCENTAJE DE OCURENCIA
		4.0 m/seg.	Sur	51 %			5.3 m/seg.	Oeste	34.5 %

FUENTE: Atlas Meteorológico del Mar Territorial Ecuatoriano. (INOCAR).

ESTACION ESMERALDAS

TABLA III VELOCIDAD DEL VIENTO

SEPTIEMBRE		OCTUBRE		NOVIEMBRE	
VELOCIDAD DEL VIENTO	DIRECCION PREDOMINANTE	VELOCIDAD DEL VIENTO	DIRECCION PREDOMINANTE	VELOCIDAD DEL VIENTO	DIRECCION PREDOMINANTE
4.9 m/seg.	Oeste	1.1 m/seg.	Oeste	4.5 m/seg.	Oeste
	49%		40.5 %		47.5%
	PORCENTAJE DE OCURENCIA		PORCENTAJE DE OCURENCIA		PORCENTAJE DE OCURENCIA

FUENTE: Atlas Meteorológico del Mar Territorial Ecuatoriano. (INOCAR).

ESTACION ESMERALDAS

TABLA IV VELOCIDAD DEL VIENTO

VELOCIDAD DEL VIENTO		DIRECCION PREDOMINANTE	PORCENTAJE DE OCURRENCIA	VELOCIDAD DEL VIENTO		DIRECCION PREDOMINANTE	PORCENTAJE DE OCURRENCIA		
ENERO		1.1 m/seg.	Oeste	32.5 %	FEBRERO		1.3 m/seg.	Oeste	26.5 %
		1.6 m/seg.	Oeste	42.5 %			MARCHO		1.7 m/seg.
MARCHO		1.1 m/seg.	Oeste	32.5 %	FEBRERO				1.3 m/seg.
		1.6 m/seg.	Oeste	42.5 %			MARCHO		1.7 m/seg.

FUENTE: Atlas Meteorológico del Mar Territorial Ecuatoriano. (INOCAR).

TABLA V VELOCIDAD DEL VIENTO

M A Y O		VELOCIDAD DEL VIENTO	DIRECCION PREDOMINANTE	PORCENTAJE DE	J U N I O		VELOCIDAD DEL VIENTO	DIRECCION PREDOMINANTE	PORCENTAJE DE
		1.6 m/seg.	Oeste	33.5 %			1.7 m/seg.	Sur	50.5 %
J U L I O		VELOCIDAD DEL VIENTO	DIRECCION PREDOMINANTE	PORCENTAJE DE OCURENCIA	A G O S T O		VELOCIDAD DEL VIENTO	DIRECCION PREDOMINANTE	PORCENTAJE DE OCURENCIA
		1.9 m/seg.	Sur	43.5 %			1.2 m/seg.	Sur	41.5 %

FUENTE: Atlas Meteorológico del Mar Territorial Ecuatoriano. (INOCAR).

TABLA VI VELOCIDAD DEL VIENTO

SEPTIEMBRE		OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE	
VELOCIDAD DEL VIENTO	DIRECCION PREDOMINANTE						
PORCENTAJE DE OCURENCIA		PORCENTAJE DE OCURENCIA		PORCENTAJE DE OCURENCIA		PORCENTAJE DE OCURENCIA	
2.4 m/seg.	Sur	1.7 m/seg.	Sur	2.1 m/seg.	Sur	1.7 m/seg.	Sur
42 %		39.5 %		38.5 %		27 %	

FUENTE: Atlas Meteorológico del Mar Territorial Ecuatoriano. (INOCAR).

ESTACION PUERTO DE MANTA

TABLA VII VELOCIDAD DEL VIENTO

VELOCIDAD DEL VIENTO		DIRECCION PREDOMINANTE	PORCENTAJE DE OCURENCIA	VELOCIDAD DEL VIENTO		DIRECCION PREDOMINANTE	PORCENTAJE DE OCURENCIA
F E N E R O		Oeste	37 %	F E B R E R O		Oeste	35 %
3.6 m/seg.				3.2 m/seg.			
M A R Z O		Oeste	37.5 %	A B R I L		Oeste	38 %
3.2 m/seg.				2.9 m/seg.			

FUENTE: Atlas Meteorológico del Mar Territorial Ecuatoriano. (INOCAR).

ESTACION SALINAS

TABLA VIII VELOCIDAD DEL VIENTO

MAYO		VELOCIDAD DEL VIENTO	DIRECCION PREDOMINANTE	PORCENTAJE DE OCURENCIA	O I N D I		VELOCIDAD DEL VIENTO	DIRECCION PREDOMINANTE	PORCENTAJE DE OCURENCIA
		3.3 m/seg.	Sur Oeste	42.5 %			3.9 m/seg.	Sur Oeste	52.5 %
JULIO		VELOCIDAD DEL VIENTO	DIRECCION PREDOMINANTE	PORCENTAJE DE OCURENCIA	A G O S T O		VELOCIDAD DEL VIENTO	DIRECCION PREDOMINANTE	PORCENTAJE DE OCURENCIA
		4.1 m/seg.	Sur Oeste	59.5 %			3.7 M6seg.	Sur Oeste	51.5 %

FUENTE: Atlas Meteorológico del Mar Territorial Ecuatoriano. (INOCAR)

ESTACION SALINAS

TABLA IX VELOCIDAD DEL VIENTO

SEPTIEMBRE		VELOCIDAD DEL VIENTO	DIRECCION PREDOMINANTE	PORCENTAJE DE OCURRENCIA	OCTUBRE		VELOCIDAD DEL VIENTO	DIRECCION PREDOMINANTE	PORCENTAJE DE OCURRENCIA
		4.0 m/seg.	Sur Oeste	56%			4.1 m/seg.	Sur Oeste	60%
NOVIEMBRE		VELOCIDAD DEL VIENTO	DIRECCION PREDOMINANTE	PORCENTAJE DE OCURRENCIA	DICIEMBRE		VELOCIDAD DEL VIENTO	DIRECCION PREDOMINANTE	PORCENTAJE DE OCURRENCIA
		4.1 m/seg.	Sur Oeste	62%			4.0 m/seg.	Sur Oeste	44%

FUENTE: Atlas Meteorológico del Mar Territorial Ecuatoriano. (INOCAR).

ESTACION SALINAS

TABLA X VELOCIDAD DEL VIENTO

VELOCIDAD DEL VIENTO	DIRECCION PREDOMINANTE	PORCENTAJE DE OCURRENCIA	F E B R E R O		VELOCIDAD DEL VIENTO	DIRECCION PREDOMINANTE	PORCENTAJE DE OCURRENCIA
2.4 m/seg.	Sur Oeste	22 %			2.1 m/seg.	Nor-Este	18 %
VELOCIDAD DEL VIENTO	DIRECCION PREDOMINANTE	PORCENTAJE DE OCURRENCIA	A B R I L		VELOCIDAD DEL VIENTO	DIRECCION PREDOMINANTE	PORCENTAJE DE OCURRENCIA
2.1 m/seg.	Nor-este	17 %			2.4 m/seg.	Sur-Oeste	18 %

FUENTE: Atlas Meteorológico del Mar Territorial Ecuatoriano.

(INOCAR)

ESTACION GUAYAQUIL

TABLA XI VELOCIDAD DEL VIENTO

MAYO		JUNIO		AGOSTO	
VELOCIDAD DEL VIENTO	DIRECCION PREDOMINANTE	PORCENTAJE DE OCURRENCIA	VELOCIDAD DEL VIENTO	DIRECCION PREDOMINANTE	PORCENTAJE DE OCURRENCIA
2.6 m/seg.	Sur Oeste	33 %	2.8 m/seg.	Sur Oeste	45 %
3.4 m/seg.	Sur Oeste	51 %	4 m/seg.	Sur Oeste	56 %

FUENTE: Atlas Meteorológico del Mar Territorial Ecuatoriano.
(INOCAR)

ESTACION GUAYAQUIL

TABLA XII VELOCIDAD DEL VIENTO

SEPTIEMBRE		VELOCIDAD DEL VIENTO	DIRECCION PREDOMINANTE	PORCENTAJE DE OCURRENCIA	OCTUBRE		VELOCIDAD DEL VIENTO	DIRECCION PREDOMINANTE	PORCENTAJE DE OCURRENCIA
		3.9 m/seg.	Sur Oeste	53.5 %			4.1 m/seg.	Sur Oeste	55 %
NOVIEMBRE		VELOCIDAD DEL VIENTO	DIRECCION PREDOMINANTE	PORCENTAJE DE OCURRENCIA	DICIEMBRE		VELOCIDAD DEL VIENTO	DIRECCION PREDOMINANTE	PORCENTAJE DE OCURRENCIA
		3.7 m/seg.	Sur Oeste	48 %			3.6 m/seg.	Sur Oeste	28.5 %

FUENTE: Atlas Meteorológico del Mar Territorial Ecuatoriano.

(INOCAR).

ESTACION GUAYAQUIL

recopila datos desde 1945 hasta 1975.

Este resumen de datos nos permite tener una idea clara de la intensidad del viento, su porcentaje de ocurrencia y la dirección predominante en cada uno de los meses del año, lo que nos permitirá conocer cual es la dirección del movimiento de la mancha de petróleo derramada y tomar las medidas precautelatorias.

2.4 OLAS.-

Es otro de los parámetros oceanográficos que debemos tomarlo en cuenta en nuestro estudio.

La ola se la puede definir como el movimiento oscilatorio en una masa de agua; este movimiento oscilatorio genera una subida y bajada alternada de la superficie, considerando una cresta de ola cuando el agua alcanza su máxima altura y seno de la ola cuando alcanza la mínima altura. El intervalo de tiempo entre la ocurrencia de crestas sucesivas se denomina período de la ola.

Las ondas que llegan a nuestras costas, son generadas por vientos oceánicos, ondas que al acercarse

a la costa, se ven afectadas por la batimetría del sector, que implica efectos de fricción del fondo, difracción, refracción y reflexión; en general el efecto más significativo es el de refracción.

La altura de ola significativa en los puertos en análisis es la siguiente:

	ALTURA (M)
Esmeraldas	1.5
Manta	2.5
La Libertad .	2.1
Guayaquil	0.8

Estos datos han sido tomados de las memorias de los estudios realizados en cada puerto.

CAPITULO III

EMBARCACIONES QUE SE UTILIZAN EN EL PROCESO DE RECOGIDO DE PETROLEO DERRAMADO EN EL MAR

3.1 TIPO DE EMBARCACIONES QUE EXISTEN PARA ESTE FIN.-

Una embarcación recolectora de petróleo, es aquella que tiene incorporado algún equipo mecánico, diseñado para remover el petróleo desde la superficie del agua sin causar mayores alteraciones en sus propiedades físicas o químicas.

En general estos equipos pueden ser clasificados de acuerdo a sus principios básicos de operación en cinco categorías:

- Equipos del tipo vertedero
- Equipos de aspiración o succión
- Equipos centrífugos
- Equipos sumergidos; y
- Equipos de sorbentes superficiales

Cada uno de estos tipos de recolectores funcionan en base a principios de operación y capacidad de

recolección diferentes y cada uno presenta ventajas y desventajas.

La efectividad de cualquier recolector depende de una serie de factores como son el tipo de petróleo derramado, el espesor de la mancha, la presencia de basura en el petróleo o en el agua, la ubicación del derrame, las condiciones climáticas ambientales y el estado del mar en el lugar de operación.

3.1.1 Recolectores de vertedero.-

Este tipo de recolector aprovecha la fuerza de gravedad que permite separar el petróleo del agua, en su forma más simple, consisten de un vertedero o presa, un estanque y una conexión hacia una bomba exterior. Figura 9 y 10.

La parte superior de un recolector de vertedero está ubicada a un cierto nivel con respecto a la superficie del agua. El agua y el petróleo llegan hasta la parte superior y caen en un depósito especial. A medida que el petróleo que hay en la superficie del agua, cae dentro del vertedero, es aspirada continuamente por una bomba. Lo ideal

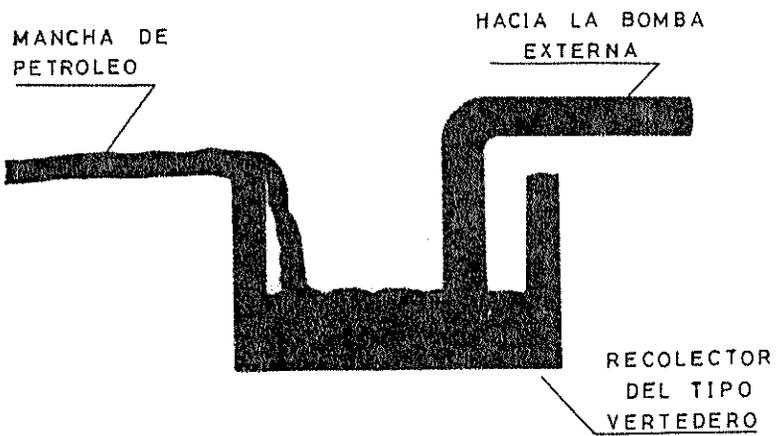


FIG.9 : PRINCIPIO DE OPERACION DE LOS RECOLECTORES DEL TIPO VERTEDERO

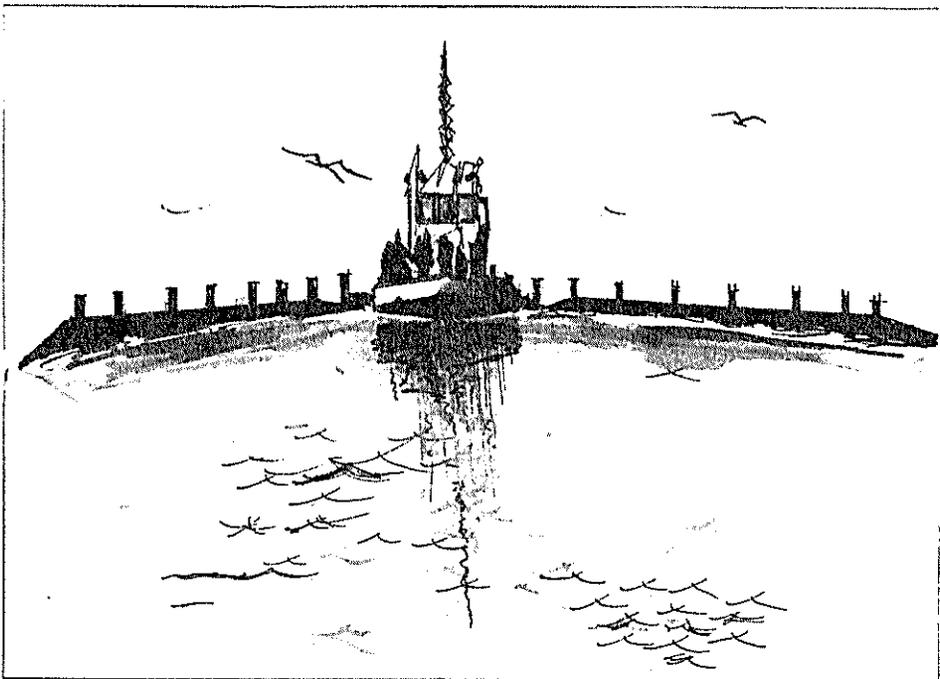


FIG.10: EMBARCACION DESCONTAMINANTE CON EQUIPO RECOLECTOR DE VERTEDERO

es que la parte superior del equipo, quede exactamente en la interfase agua/petróleo, con el objeto de minimizar la cantidad de agua, captada junto con el petróleo.

Los equipos de vertedero son vulnerables a la acción de las olas, tiende a cabecear, aspirando aire cuando están por sobre el nivel o agua, cuando están bajo el petróleo.

Esto no solo resulta en una menor recolección de petróleo, sino **también** causa serios problemas debido a la pérdida de ceba de la mayoría de las bombas. Los recolectores de vertederos son usados en bahías, lagos, diques, ríos y muy poco en alta mar.

3.1.2 Recolectores de aspiración.-

Estos equipos trabajan en la superficie del agua, utilizan un sistema separado de bombas de vacío y están ajustados para flotar en la interfase agua/petróleo. Figura 11.

La cabeza de aspiración de este recolector es simplemente una prolongación de la man-



FIG 11 EQUIPO DE ASPIRACION RECOGIENDO PETROLEO

guera de aspiración, que aumenta el área de la superficie desde la cual aspira una bomba a distancia. Este tipo de recolector es sencillo de operar y recupera con bastante eficiencia una amplia gama de petróleo de diferentes viscosidades.

Los recolectores de aspiración son más efectivos, en aguas tranquilas cuando se usan barreras de contención para dirigir el flujo de petróleo hacia la cabeza flotante del recolector. En alta mar, el recolector debe seguir la acción de la ola, mientras permanece en estrecho contacto con la mancha de petróleo. Sin embargo, las olas pequeñas y agitadas, son siempre un problema constante y casi siempre derivan en una aspiración de aire que disminuye, indudablemente, la eficiencia de recolección.

3.1.3 Recolectores centrífugos.-

Este tipo de recolector está diseñado para operar por la formación de un remolino o vórtice de agua que arrastra el petróleo hacia una área de recolección. Desde allí el pe-

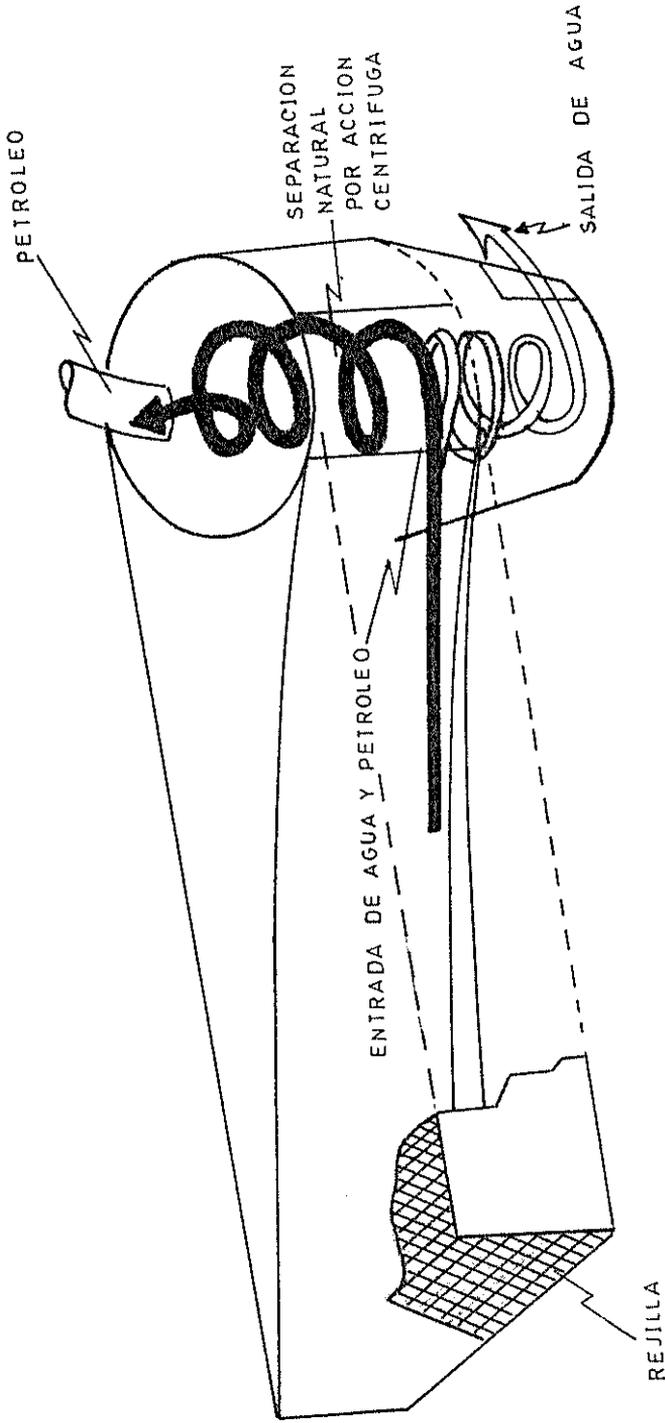


FIG 12: PRINCIPIO DE OPERACION DE LOS RECOLECTORES CENTRIFUGOS

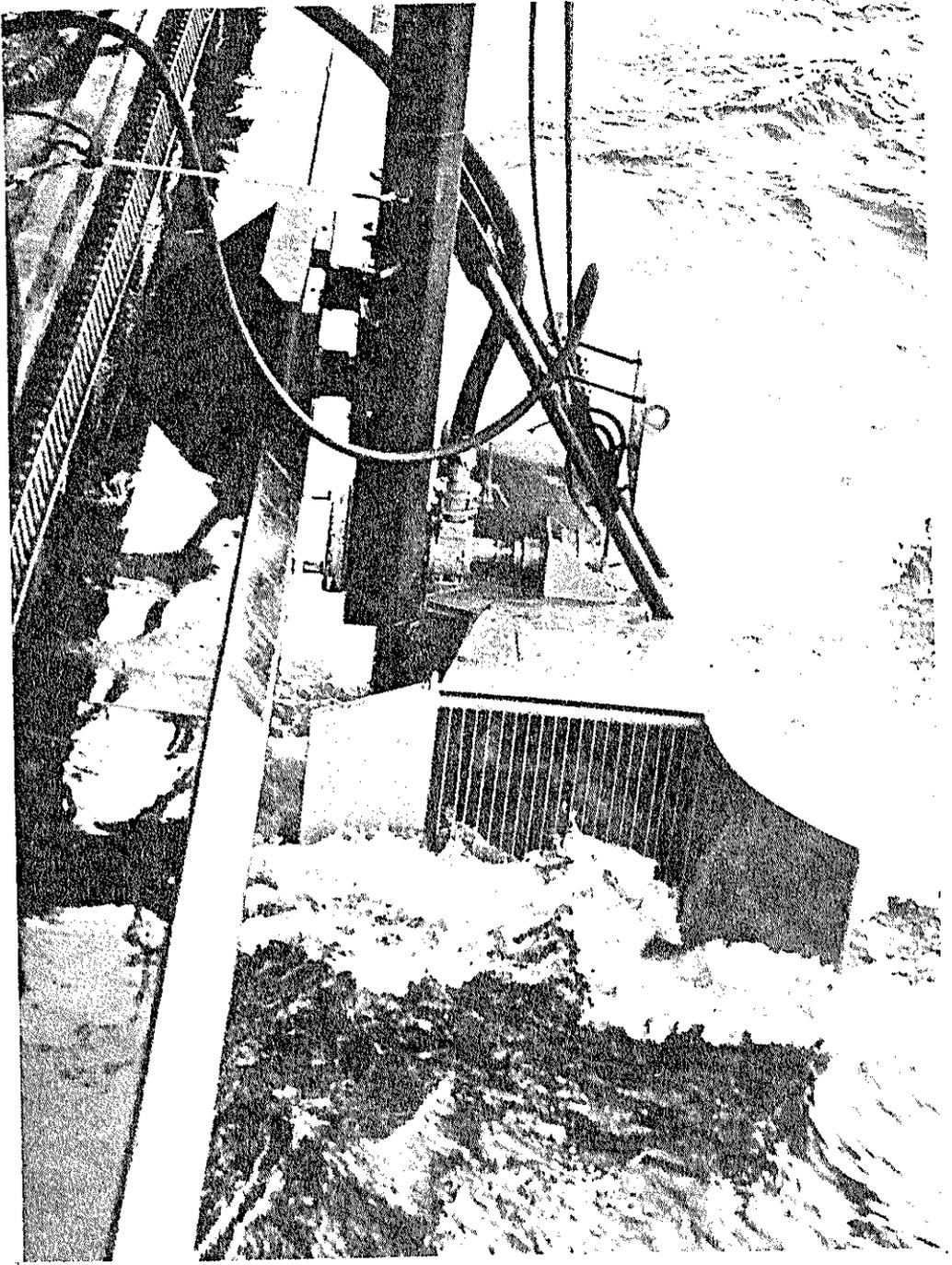


FIG 13 EQUIPO CENTRIFUGO EN FAENA DE LIMPIEZA

tróleo pasa a un separador de agua/petróleo, para su recuperación. Figura 12 y 13.

Este recolector no es tan propenso a taparse con basuras, ya que se le pueden instalar las rejillas de protección sin que esto afecte la recolección del petróleo. Sin embargo, tiene limitaciones de corrientes y de olas y por lo general opera con poca eficiencia en olas mayores de 60 cm., o en corrientes que exceden de 0.6 nudos.

3.1.4 Recolectores sumergidos.-

Este tipo de recolector va incorporando en una embarcación autopropulsada. El petróleo que está en línea por donde avanza el recolector, es llevado hacia debajo de la superficie por una correa que se mueve con un determinado ángulo de inclinación, tal como se indica en la Figura 14.

Esta correa lleva el petróleo hacia bajo hasta la boca de un depósito desde donde finalmente sube a la superficie debido a la diferencia de densidades.

FIG. 14 PRINCIPIO DE OPERACION DE LOS RECOLECTORES SUMERGIDOS DE PLANO INCLINADO.

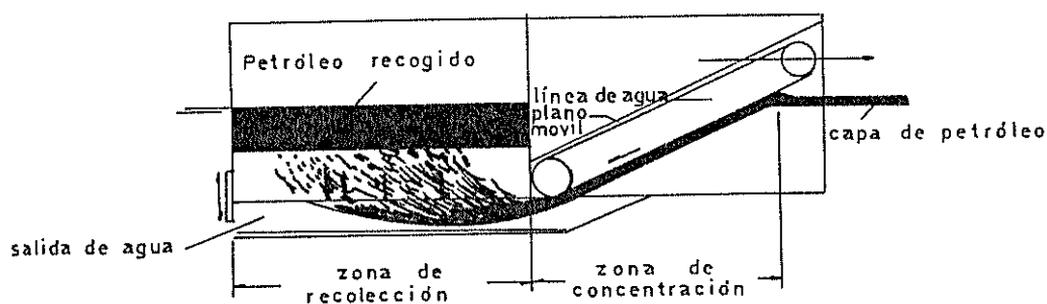
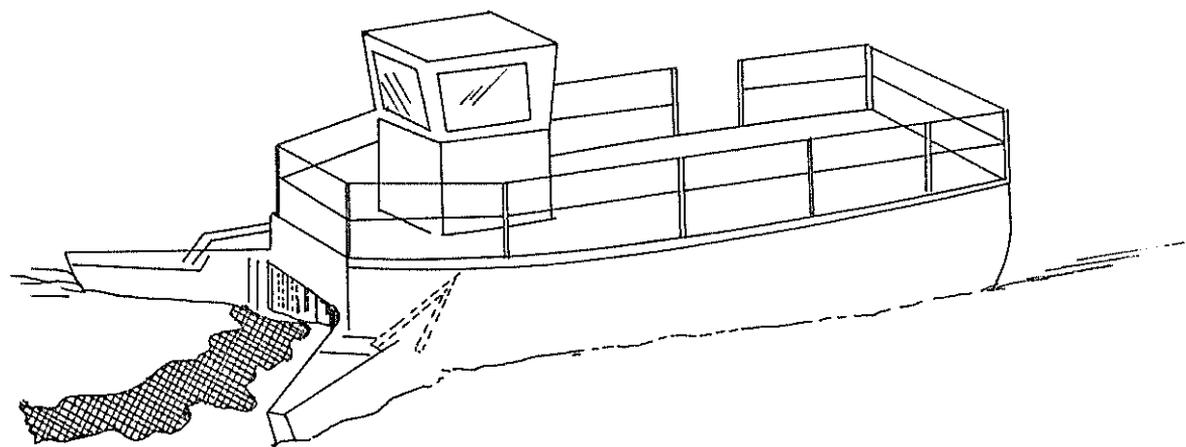


FIG. 15 EMBARCACION CON EQUIPO RECOLECTOR DE PLANO INCLINADO.



La embarcación debe avanzar lentamente sobre la superficie del agua, para prevenir que el petróleo salga del pozo de recolección y pase completamente por debajo del equipo. Figura 15.

3.1.5 Recolectores de sorbentes superficiales.-

Este tipo de recolector incorpora una superficie a la cual el petróleo se adhiere y de esta manera es posible removerlo desde el agua. La superficie sorbente y oleofílica, puede tener la forma de un tambor, de un disco o de una correa sin fin o de una cuerda que es movido continuamente a través de la película de petróleo. Figura 16.

El petróleo recolectado en cada una de estas superficies es removido ya sea por un limpiador a presión o por un sistema de roletes a presión y luego depositado en tanques a bordo de una embarcación.

La superficie sorbentes varía según el fabricante y el modelo y las hay en tambores, correas tejidas y cuerdas.

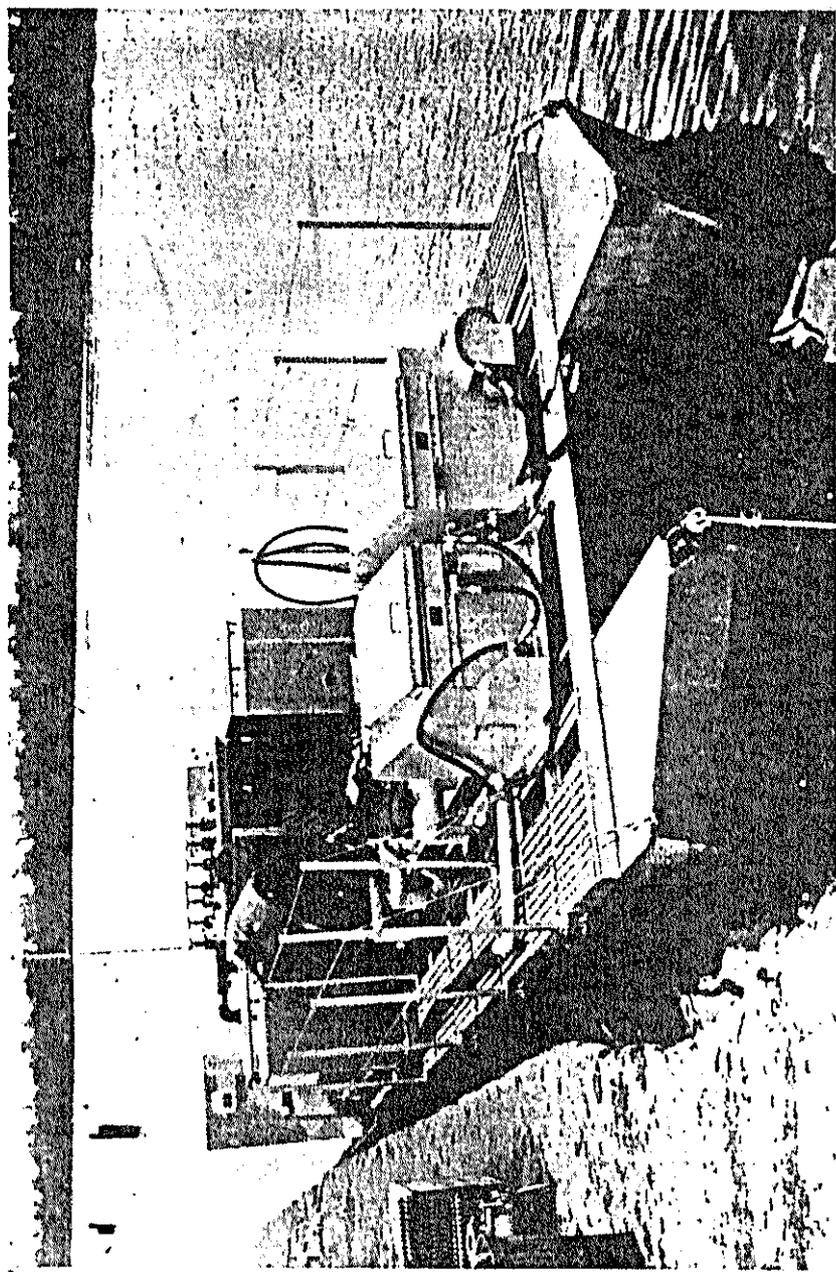


FIG. 16 EMBARCACION RECOLECTORA CON EQUIPO DE CORDON OLEOFILICO.

Un problema asociado con algunos tipos de recolectores de sorbentes superficiales es la tendencia de las correas sin fin u otras superficies adherentes, a lanzar el petróleo fuera del recolector, causando turbulencias o provocando olas de presión, que llegan al agua, especialmente cuando la embarcación recolectora está avanzando sobre la mancha. Este inconveniente puede ser minimizado disminuyendo la velocidad de rotación de la superficie adherente, pero esto reduce la tasa de recolección de petróleo.

La eficiencia en la recolección de petróleo de diferente viscosidad varía con el tipo de superficie sorbente, utilizando los discos de aluminio y los tambores han logrado los promedios más altos de recuperación con petróleos de viscosidad media, mientras que las superficies de tejidos, trabajan bien con una mayor gama de petróleos.

3.2 DETERMINACION DEL TIPO APROPIADO PARA EL MEDIO.-

En nuestro mar territorial existen dos terminales petroleros. El Terminal de Balao, al cual convergen buques petroleros de alto bordo, los que trans

portan nuestro petróleo a los diferentes mercados del mundo y desde el cual se transporta al terminal petrolero de La Libertad los diferentes derivados necesarios para el consumo interno de la parte centro y sur de nuestro país y de este terminal al termina de Tres Bocas, ubicado en uno de los ramales del Estero Salado de nuestra ciudad.

Los terminales petroleros de Balao y La Libertad, son terminales costa afuera y los derrames ocasionales ocurren debido a malas maniobras en la colocación de mangueras o como en la mayoría de los casos, por lavado de los tanques al botar el agua utilizado como lastre en los tanques de almacenamiento de petróleo, los cuales guardan residuos y éstos son esparcidos al mar, muy raramente se producen derrames por colisión de las naves, sin embargo de lo cual se debe prevenir un desastre ecológico en nuestras costas.

La distancia existente entre el terminal petrolero de Balao y el terminal de La Libertad, es de 400 millas y la existente entre el terminal de Balao y las Islas Galápagos, es de aproximadamente 600 millas.

Lo que hace necesario defender nuestras costas de un posible derrame de petróleo de uno o más de los tanqueros que operan en nuestras costas por medio de una embarcación que sea capaz de cubrir estas distancias con una autonomía máxima de 600 millas, y que sea versátil, es decir, que su utilización implique diferentes tipos de equipos y accesorios que cubran las necesidades cercanas en la costa y mar afuera.

De un análisis realizado por el Comité Contaminación de la Organización Consultiva Marítima Intergubernamental, se deduce que el sistema de plano inclinado (13), es uno de los más ventajosos para la recolección de petróleo en embarcaciones que operan mar afuera, por su gran área de barrido, la velocidad de recolección, el porcentaje de petróleo recogido en función del tiempo de utilización de la embarcación en esta tarea, y además la facilidad para el mantenimiento del sistema recolector. Figura 17.

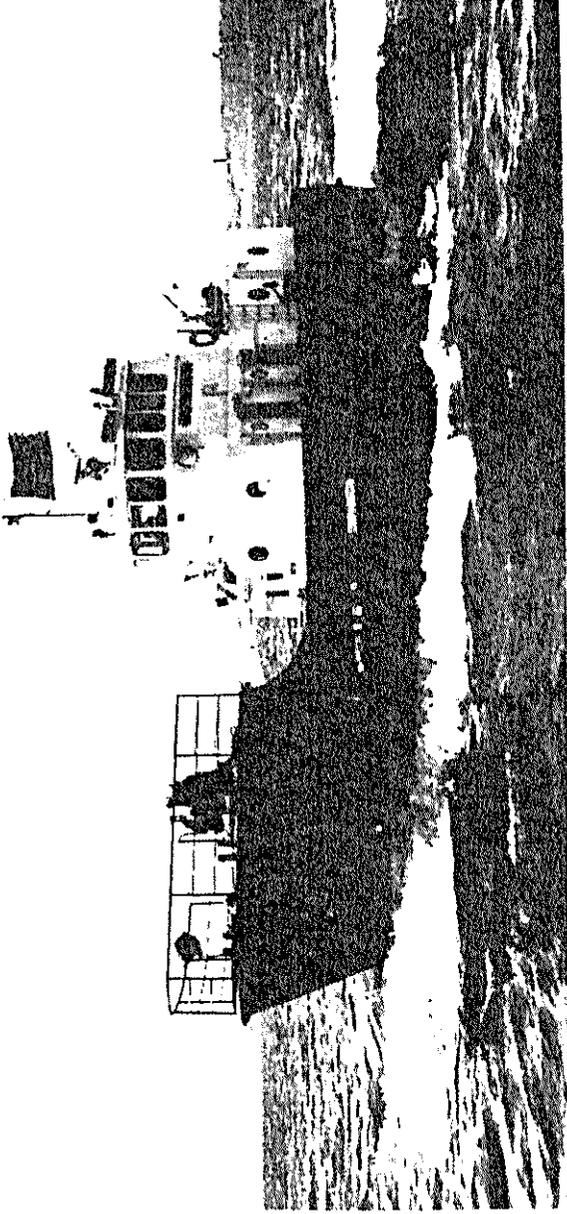


FIG. 17 BARCO RECOLECTOR APTO PARA LA COSTA ECUATORIANA .

CAPITULO IV

SELECCION DEL EQUIPO APROPIADO PARA ESTE PROPOSITO

4.1 GENERALIDADES.-

El equipo recolector de petróleo consta principalmente de:

Conjunto de la correa recolectora,
Equipo para el manejo del petróleo

El conjunto de la correa recolectora está ubicado a la proa de la embarcación, tiene una inclinación de 30° con respecto a la horizontal. (Plano 3).

El conjunto consiste de un motor hidráulico, una cadena propulsora, una banda, dos rodillos, cojinetes y soportes; los rodillos son movidos por la cadena de propulsión desde el motor hidráulico. La tensión de la banda es ajustada mediante tornillos reguladores. La banda está hecha de cloruro de polivinilo con núcleo de poliestireno tejido, las cadenas de acero inoxidable. La energía para el motor hidráulico propulsor de la banda es suministrada por una bomba hidráulica accionada por el toma-

fuerza de uno de los motores de sala de máquinas:

El equipo para manejo del petróleo se ha diseñado para bombear petróleo desde el pozo de recolección a los tanques de almacenamiento a bordo ó hacia afuera del barco, la energía es suministrada a la bomba por intermedio de un motor eléctrico a prueba de explosión. El diseño del circuito de tuberías permite la transferencia del petróleo entre el pozo de recolección y los tanques de almacenamiento a bordo.

4.2 SELECCION DEL MOTOR HIDRAULICO PROPULSOR DEL CONJUNTO DE LA BANDA RECOLECTORA.-

Para la selección del motor hidráulico se necesita conocer la potencia, para lo cual tenemos que realizar los siguientes cálculos:

PESO DE LA BANDA:

Para obtener el peso de la banda utilizaremos algunos datos característicos de la banda, los cuales son:

$$\rho = \text{densidad de la banda} = 4 \text{ slug/p}^3 = 2.066 \text{ Kg/m}^3$$

$a =$ ancho de la banda $= 2$ m.

$e =$ espesor de la banda $= 0,0254$ m.

El peso de la banda lo podremos encontrar con la siguiente ecuación:

$$W_B = V \cdot \rho \cdot g. \quad \text{Ec. 4.1}$$

donde:

$W_B =$ peso de la banda

$V =$ volumen de la banda

$\rho =$ densidad de la banda $= 2.066$ Kg/m³

$g =$ aceleración de la gravedad $= 9,81$ m/seg.²

Para encontrar el volumen de la banda utilizaremos la siguiente ecuación:

$$V = a \cdot e \cdot \ell. \quad \text{Ec. 4.2}$$

donde:

$a =$ ancho de la banda $= 2$ m.

$e =$ espesor de la banda $= 0,0254$ m.

$\ell =$ longitud de la banda

Del plano inclinado donde se encuentra la banda, tomamos los siguientes datos:

$$d = \text{distancia entre centro de rodillos} = 5,3 \text{ m.}$$

$$\phi = \text{diámetro de los rodillos} = 0,26 \text{ m.}$$

La longitud de la media circunferencia de los rodillos es igual a:

$$\ell_1 = \frac{\pi \phi}{2} = 0,408 \text{ m.}$$

Por lo tanto, la longitud de la banda será igual a:

$$\ell = 2 d + 2 \ell_1 = 2(5,3) + 2 (0,408)$$

$$\ell = 11,42 \text{ m.}$$

Con la longitud, el ancho y el espesor de la banda y con la ecuación 4.2, encontramos el volumen de la banda, el cual es igual a:

$$V = a.e.\ell = 2 (0,0254) (11,42)$$

$$V = 0,58 \text{ m}^3$$

Con el volumen y la densidad de la banda y por medio de la ecuación 4.1, hallamos el peso de la banda:

$$W_B = v \cdot \rho \cdot g.$$

$$W_B = 1198,56 \text{ Kg.}$$

PESO DEL PETROLEO QUE ESTA EN CONTACTO CON LA BANDA

Del fabricante se tiene que una banda de dos metros de ancho, recoge en un minuto de operación aproximadamente 450 galones de petróleo, y para que el sistema sea eficiente, la banda debe moverse a 1,029 m/seg. [2]

El tiempo en el cual la banda da una vuelta completa, es igual a:

$$T = \frac{\ell}{v}$$

donde:

$$\ell = \text{longitud de la banda} = 11,42 \text{ m.}$$

$$v = \text{velocidad de la banda} = 1,029 \text{ m/seg.}$$

por lo tanto:

$$T = 11,098 \text{ seg.}$$

El número de vueltas que da la banda en un minuto, es igual a:

$$N \frac{60}{T} \frac{60}{11,098} \text{ seg.}$$

Por lo tanto, podemos obtener la cantidad ó peso del petróleo que en cada vuelta recupera la banda.

$$W_P = \frac{\dot{m}}{N}$$

donde:

$$\begin{aligned} \dot{m} &= \text{flujo másico} = 450 \frac{\text{gal.}}{\text{min.}} \times 3,24 \frac{\text{Kg}}{\text{gal.}} = \\ &1456,06 \text{ Kg/min.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N &= \text{número de vueltas por minuto} = \\ &5,41 \text{ vueltas/min.} \end{aligned}$$

por lo tanto:

$$W_P = 269,14 \text{ Kg/vuelta}$$

Este dato obtenido es el peso del petróleo que está siempre en contacto con la banda.

Habiendo obtenido el peso de la banda y el peso del petróleo que está en la banda, se puede ahora calcular la potencia que debe tener el motor hidráulico

co. La potencia total que debe tener el motor hidráulico es igual a (2):

$$P = k (P_p + P_t) \quad \text{Ec. 4.3}$$

donde:

P_p = potencia que se necesita para subir la banda hasta la altura de 2,65 (punto más alto).

P_t = potencia que debe tener el rodillo impulsor para mover la banda y el petróleo a una velocidad $v = 1,029$ m/seg.

K = factor de seguridad = 1,25

La potencia P_p se la puede encontrar con la siguiente fórmula:

$$P_p = \frac{E_p}{T} \quad \text{Ec. 4.4}$$

donde:

E_p = energía potencial = $W_t \cdot h$

T = tiempo en que la banda da una vuelta completa = 11,098 seg.

$$W_t = \text{peso de la banda más el petróleo} = 1198,56 \\ + 269,14 = 1467,7 \text{ Kg.}$$

$$h = 2,65 \text{ m.}$$

por lo tanto:

$$E_p = 1467,7 \text{ Kg} \times 2,65 \text{ m.} \times 9,81 \frac{\text{Wt}}{\text{Kgt}}$$

$$E_p = 38155,06 \text{ j}$$

Reemplazando E_p y T en la ecuación 5.4 tenemos:

$$P_p = \frac{38155,06 \text{ j}}{11,098 \text{ seg.}}$$

$$P_p = 3438,01 \text{ W.}$$

$$P_p = 3,348 \text{ KW.}$$

La potencia P_t es igual a:

$$P_t = W_t \cdot v$$

donde:

W_t = Fuerza que se necesita para mover la banda y

el petróleo impregnado en ella = $W_t = 1467, \text{ Kg.}$

$v =$ velocidad de la banda = $1,029 \text{ m/seg.}$

$$P_t = 1467,7 \text{ Kg.} \times 9,81 \frac{\text{NT}}{\text{Kg.}} \times 1,029 \text{ m/seg.}$$

$$P_t = 14815,68 \text{ W}$$

$$P_t = 14,816 \text{ k W.}$$

La potencia debida a fuerzas de rozamiento no han sido consideradas en los cálculos por ser sus valores sumamente pequeños.

Reemplazando P_p , P_t y K en la ecuación 5.3, tenemos:

$$P = 1,25 (3,348 + 14,816)$$

$$P = 22,705 \text{ KW.}$$

$$P = 30,45 \text{ HP}$$

El motor hidráulico seleccionado para mover el conjunto de la banda recolectora tiene las siguientes características:

Marca	:	STAFFA
Modelo	:	T23
Potencia	:	35 H.P.
Presión	:	210 Kg/cm^2
RPM	:	75

4.3 SELECCION DE LA BOMBA PARA EL MANEJO DEL PETROLEO

Para poder seleccionar la bomba, debemos conocer

el caudal Q y el cabezal o pérdidas H , así tenemos:

$Q = 450$ GPM (cantidad de petróleo que recoge la banda).

El cabezal o pérdidas H es igual a la suma del cabezal de succión, cabezal de descarga y la longitud de tubería vertical.

El cabezal se lo encuentra con la siguiente ecuación: [7]

$$H = f \frac{v^2 Le}{2 g di.} \quad \text{Ec. 4.5}$$

donde:

f = coeficiente de rozamiento o fricción

Le = longitud equivalente de la tubería

di = diámetro interior de la tubería

v = velocidad

g = aceleración de la gravedad

El coeficiente de la fricción se lo encuentra en la Figura 18, interpolando el número de Reynolds con la rugosidad relativa.

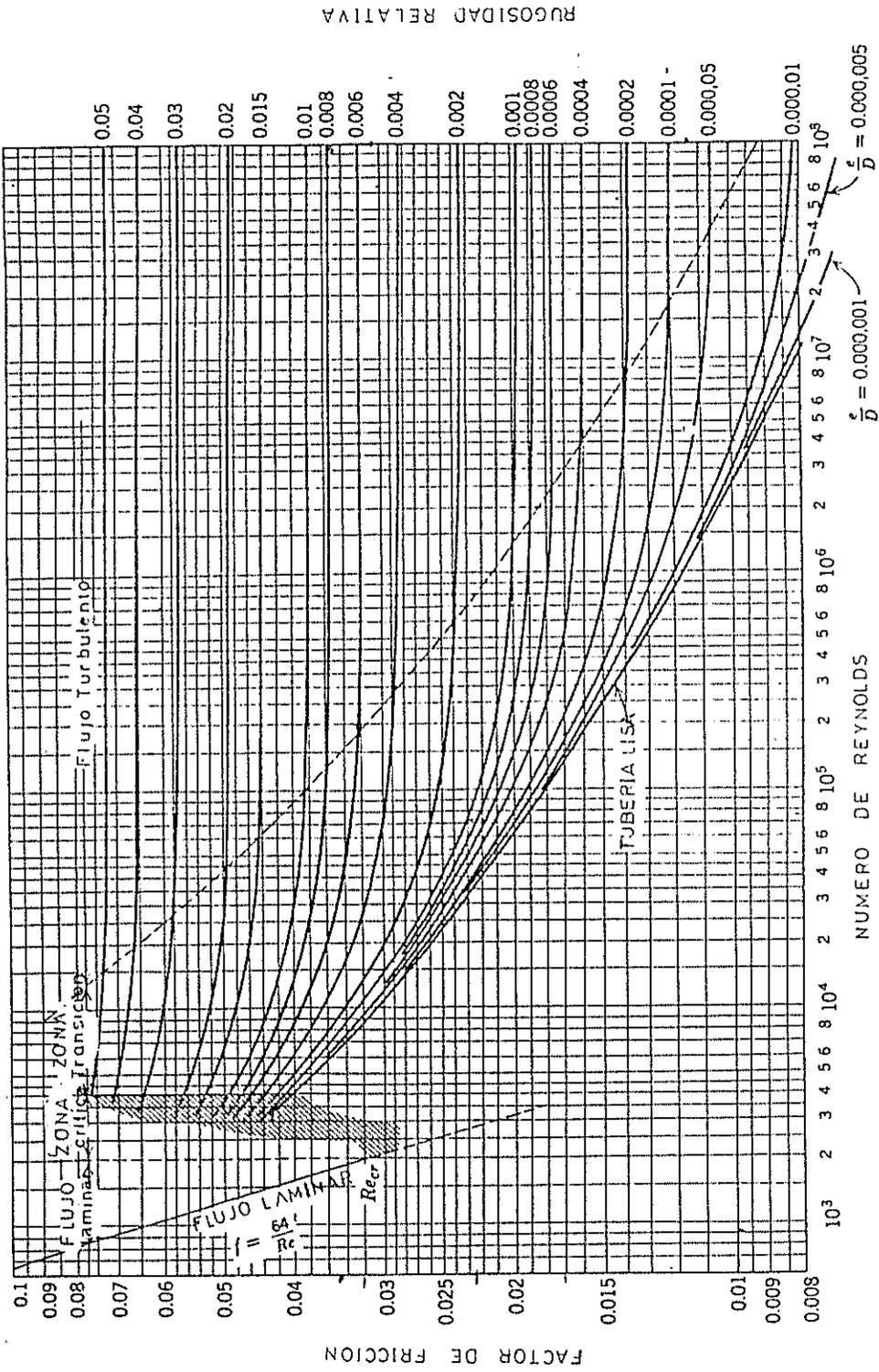


FIG 18 FACTOR DE FRICCIÓN PARA FLUJO COMPLETAMENTE DESARROLLADO EN TUBOS CIRCULARES [7]

El número de Reynolds es igual a:

$$Re = \frac{v D_h}{\gamma} \quad \text{Ec. 4.6}$$

donde:

v = velocidad

D_h = diámetro hidráulico

γ = viscosidad cinemática

Para realizar los cálculos, se va a considerar utilizar una tubería de 6 plg. de diámetro, cédula 80, si las pérdidas de cabezal son demasiado bajas se considerará un diámetro menor, si son altas, tendremos que considerar un diámetro mayor para así disminuir las pérdidas.

La tubería de 6 plg, cédula 80 tiene un diámetro interior igual a:

$$d_i = 5,761 \text{ plg.} = 0,1463 \text{ m.}$$

conocemos que el caudal es igual a:

$$Q = v \cdot a$$

despejando v , tenemos:

$$v = \frac{Q}{A}$$

donde:

$$Q = 450 \text{ GPM} = 0,02835 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

$$A = \frac{\pi d_i^2}{4} = 0,01681 \text{ m}^2$$

por lo tanto:

$$v = 1,686 \text{ m/seg.}$$

El diámetro hidráulico para este caso es el diámetro interior D_i , siendo igual a:

$$D_h = 0,1463 \text{ m.}$$

La viscosidad cinemática para el petróleo a temperatura ambiente es igual a:

$$\gamma = 1,248 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{seg.}$$

Conociendo v , D_h y γ y reemplazándolos en la ecuación 4.6, encontramos el valor del número de Reynolds:

$$Re = \frac{(1,686 \text{ m/seg.}) (0,1463 \text{ m})}{1,248 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{seg.}}$$

$$Re = 1976,989$$

La rugosidad relativa del tubo es igual a 0,00029
 Figura 19 , con el número de Reynolds y la rugosidad relativa y mediante la Figura 19, obtenemos el factor de fricción el cual es igual a:

$$f = 0,098$$

La longitud equivalente, L_e , es igual a la longitud de la tubería, 1, multiplicada por un factor (1,20) debido a los distintos accesorios y válvulas que tiene el circuito.

Por lo tanto, la longitud equivalente para calcular el cabezal de succión es igual a:

$$L_e = 1,2 \times 1.$$

$$L_e = 1,2 (4,5 \text{ m}) = 5,4 \text{ m.}$$

Teniendo t , v , L_e , g y d_i y reemplazando sus valores en la ecuación 5.5, obtenemos el cabezal de succión, el cual es igual a:

$$H_S = \frac{0,098 (5,4) (1,686)}{(2) (9,81) (0,1463)}$$

$$H_S = 0,524 \text{ m.}$$

Para obtener el cabezal de descarga procedemos de igual manera que para el cabezal de succion teniendo:

$$D_i = 0,1463 \text{ m}$$

$$v = 1,686 \text{ m/seg.}$$

$$= 1,248 \times 10^{-4}$$

$$t = 0,098$$

$$L_e = 75,96 \text{ m}$$

$$H_d = 7,37 \text{ m}$$

La longitud de tubería vertical es de aproximadamente 50 m.

$$L = 50 \text{ m}$$

Por lo tanto, el cabezal total es igual a:

$$H = H_S + H_D + L$$

$$H = 0,524 + 7,37 + 50$$

$$H = 57,9 \text{ m (189.96 p- 82,2 psi)}$$

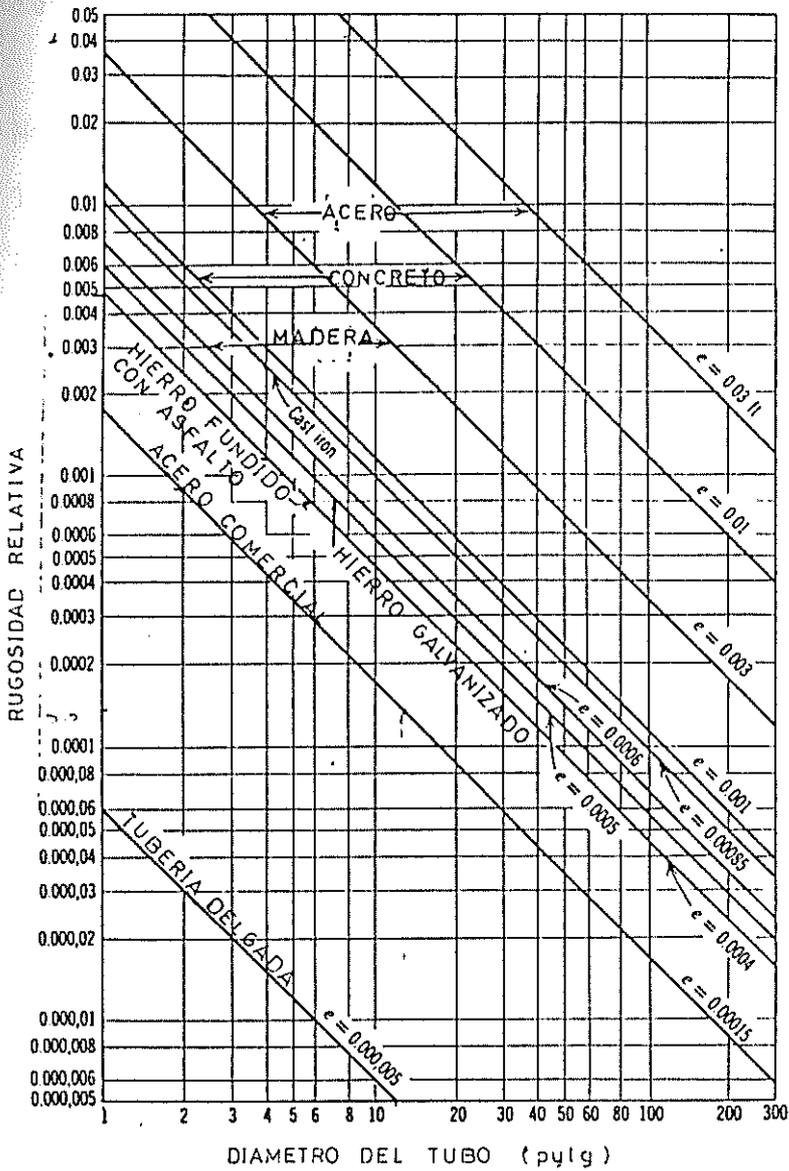


FIG 19 VALORES DE RUGOSIDAD RELATIVA [7]

Con el caudal $Q = 450$ GPM y el cabezal $H = 57,9$
($189,9_p - 82,2$ psi), se ha seleccionado la siguiente bomba:

Marca : Worthington
Tipo : 4LR - 14
Caudal : 500 GPM
Cabezal : 230 p
RPM : 1770

CAPITULO V

DISEÑO DE LA EMBARCACION

5.1 SELECCION DE DIMENSIONES.-

Para la determinación de las dimensiones de la embarcación apropiada para operar, tenemos que considerar que existen actualmente dos terminales petroleros, uno de ellos en La Libertad y otro en Balao mar afuera, que contamos con 200 millas de mar territorial y los consiguientes recursos naturales y además un territorio insular cuya ecología y fauna marina es necesario preservar y el cual se encuentra a 600 millas marinas de los terminales petroleros antes señalados.

Las anteriores consideraciones determinan que nuestra embarcación deberá ser clasificada para servicio en alta mar no restringido con un radio de acción no menor a las 300 millas marinas y una autonomía que cubra las 600 millas hasta el territorio insular.

La embarcación propuesta deberá poseer suficiente

capacidad operacional que le permita efectuar su cometido con más de un sistema de recolección de petróleo desde la superficie del mar, ésto es, a falta de un sistema por daño, podrá operar con varias alternativas, incluyendo barreras flotantes y absorbentes que podrán ser mantenidos sobre cubierta. Además, deberá poseer suficiente potencia en sus máquinas principales, para el efecto de remolcar barcasas cisternas con petróleo recolectado.

El casco será de desplazamiento de doble arista impulsado por dos motores, teniendo una considerable velocidad de crucero con características excelentes de navegabilidad. La proa estará dispuesta de tal forma que operará abierta durante las operaciones de recuperación de petróleo y cerrada cuando la embarcación navega libremente.

El sistema de recuperación de petróleo a usarse es el del tipo plano inclinado dinámico (DIP) que recolecta petróleo y residuos obligándolos a fluir por debajo de la superficie del agua. El petróleo y los sólidos son arrastrados por la superficie del plano inclinado móvil hacia una cámara de recolección situada debajo de la unidad. Debido a las diferentes densidades el petróleo se separa por sí

solo del agua. El petróleo libre de agua se bombea desde la parte superior de la cámara para ser almacenado. Los sólidos se remueven por medio de un sistema de cuchara autoprensadora y grúa.

La Superintendencia del Terminal Petrolero de Balao, a través de sus técnicos, tomando en cuenta diversos parámetros tales como derrames ocasionales de petróleo, rompimiento de tuberías submarinas, volúmenes, promedios de derrames por averías en los tanques de buques petroleros por colisión, ha considerado que la embarcación recolectora de petróleo afín a sus necesidades, deberá tener un volumen para el petróleo recolectado que fluctúa entre 40 y 50 metros cúbicos.

Para el efecto del diseño de la embarcación apropiada que cubra las necesidades propuestas, debemos remitirnos a la experiencia obtenida en el diseño de este tipo de embarcaciones y que se encuentra operando actualmente y con óptimos resultados alrededor del mundo. [2]

La embarcación propuesta deberá ser capaz de mantener su propia flotabilidad y maniobrabilidad, tanto en la condición de libre navegabilidad como en la de recolección de petróleo, debiéndose para el

efecto conjugar la posición correcta en ambas condiciones del centro de gravedad longitudinal, disponiéndose perfectamente, tanto pesos de maquinarias y equipos auxiliares como de tanques de carga y de lastre.

Se hace un estimado de todos los pesos para las dimensiones provisionales seleccionadas y si la suma de éstos no cumplen con el desplazamiento requerido, se hacen ajustes proporcionales. Es esencial asegurar que los volúmenes de los espacios de carga son adecuados para el peso muerto de la carga a una razonable razón de estiba.

Subsecuentemente a que el desplazamiento provisional ha sido determinado, es necesario determinar la eslora, manga, calado y coeficiente block, los cuales juntos, producirán el desplazamiento deseado, la eslora y formas a ser seleccionadas para propulsión económica a una velocidad dada son estrechamente relacionadas. Un hábil diseñador, con datos precisos de buques ya construidos, es capaz de determinar muy cercanamente las dimensiones probables para satisfacer las condiciones específicas, pero experta destreza puede ser obtenida sólo por larga experiencia y habilidad técnica.

El proceso a seguirse es el, de la espiral básica de diseño en la cual adoptamos las proporciones en base a un diseño probado y adoptamos la misma distribución, variando la capacidad de carga, haciéndose un estimativo del poder preliminar trazándose las líneas de forma, curvas bonjean e hidrostáticas, distribución de maquinaria principal y auxiliar, tanques de combustible, agua, cálculos estructurales y terminando luego de algunos procesos iterativos con un diseño acorde a nuestras necesidades.

El objetivo de este estudio radica entonces en encontrar un diseño que a más de estar dentro de la capacidad de carga proyectada, sea capaz de operar eficientemente en cada una de las condiciones siguientes:

- a) Salir de puerto con el buque ligeramente asentado, con el fin de tener buena maniobrabilidad.
- b) Llegar al lugar de operación, aproximadamente a 300 millas del puerto de partida y operar con las compuertas abiertas y su línea de agua paralela a la línea de base.
- c) Operar llenando los tanques de carga, manteniendo la distancia entre el centro de boyantez y

de gravedad longitudinal una distancia no mayor al 1.5% de la eslora del buque, lo que mantiene la eficiencia operacional del sistema.

PROPORCIONES:

Revisados los diseños de embarcaciones similares, adoptamos las relaciones $L/B = 3.68$ - $L/P = 7.77$ y se considera que el canal de acceso del agua contaminada tendrá un ancho de 2 mts, y que el buque por tener las características de un tanquero, deberá construirse con cuadernaje longitudinal soportado por bularcamas espaciadas en 2 mts., de lo cual el tanque de carga será un múltiplo que multiplicado por el puntal y el ancho, deberá dar el volumen de carga entre 40 y 50 mts³, ésto nos permite, luego de un proceso iterativo, encontrar que la eslora del buque en línea de agua de diseño, será de 23.75 mts, la manga = 6.25 mts, y el puntal 3.00 mts.[2]

5.2 LINEAS DE FORMA.-

La forma de la embarcación como indica el Plano N^o 1, debe cumplir con una amplia boyantez en la proa, que permita mantener en equilibrio la embarcación al abrirse las compuertas, la popa será lo suficien

temente alta para dar cabida a dos hélices y su sección central con una astilla muerta que le permita un amplio calado y que la embarcación se comporte en forma marinera.

Las líneas de forma deberán ser especiales, tomando en consideración el trabajo que debe realizar la embarcación con la presencia de las compuertas y que su parte interna central debe fluir la mezcla agua-aceite, además del nexo estructural que debe existir entre los costados del casco y el fondo del buque. Como para este diseño no existen curvas pre-establecidas y que siguen un patrón como en los buques convencionales, se tiene que establecer las líneas de forma acorde con un criterio de diseño, que es el siguiente:

- a) La proa del buque formará un ángulo cuyas líneas rectas deben terminar en el punto de giro de las compuertas. Las líneas de forma en esta zona permanecen invariables desde la parte inferior de las compuertas hasta la cubierta, permitiendo que la compuerta opere en forma eficaz y óptima, dado que sus ejes están en una misma línea vertical, lo que contribuye a un buen sellamiento al cerrarse éstas y a la poca potencia necesaria para abrirse y cerrarse éstas.

b) El fondo del canal deberá considerar dos aspectos:

1. El aspecto de circulación del fluido en forma de cuello venturi, disminuyendo su área hacia la popa para aumentar la velocidad del fluido que será controlado por medio de una compuerta en la parte posterior.
2. El aspecto estructural que permitirá servir de nexo de unión entre los tanques de los costados de la embarcación que en este caso actúan como un catamarán.

A partir del eje de giro de las compuertas las líneas de forma continúan en línea recta, una distancia equivalente a la longitud de las compuertas desde la parte inferior de éstas hacia la cubierta, con el fin de servir de soporte cuando las compuertas se encuentren abiertas, evitándose con esto esfuerzos de deformación al encontrarse el buque en operación.

A partir de este punto, las formas del buque son las de un buque convencional de doble china.

5.3 CALCULOS HIDROSTATICOS. -

Los cálculos hidrostáticos (Plano N° 2), han sido realizados tomándose dos aspectos, el uno como buque convencional con las compuertas cerradas y el otro con la parte central inundada, lo que determina una pérdida de boyantez longitudinal y del centro de flotación de los planos de agua.

Del análisis de las curvas hidrostáticas resultantes, podemos establecer lo siguiente:

- a) El buque a su salida de puerto (compuertas cerradas) tiene las siguientes características:

Desplazamiento (A.S.)	=	113.13 Tons.
Calado	=	1.38 Mts.
CB (desde estación 5)	=	+ .58 Mts.
CG (desde estación 5)	=	- .70 Mts.
C.F.L. (desde estación 5)	=	- .56 Mts.
Peso del buque	82.32 Tons.	
Combustible	8.91 "	
Agua	7.00 "	
Lastre	14.90 "	
	<hr/>	
TOTAL	113.13 "	

El buque a su salida de puerto está ligeramente asentado de acuerdo a las posiciones del CG y CB.

b) En el lugar de operación (cerradas las compuertas), a 300 millas del puerto de partida se tendrá:

Desplazamiento (A.S.)	=	108.37 Tons.
Calado	=	1.35 Mts.
CB (desde estación 5)	=	+.63 Mts.
CG (desde estación 5)	=	-.52 Mts.
C.F.L. (desde estación 5)	=	-.49 Mts.
Peso del buque	82.32 Tons.	
Combustible	5.10 "	
Agua	6.05 "	
Lastre	114.90 "	
	<hr/>	
TOTAL	108.37 "	

El buque al llegar al lugar de operación, sigue asentado.

c) En el lugar de operación, al abrirse las compuertas e iniciar el barrido de petróleo, tiene las siguientes características:

Desplazamiento (A.S.)	=	108.37 Tons.
Calado	=	1.55 Mts.
CB (desde estación 5)	=	-.48 Mts.
CG (desde estación 5)	=	<u>-.52 Mts.</u>
Diferencia	=	.04 Mts. (0.16%L)
C.F.L. (desde estación 5)	=	-2.02 Mts.

Virtualmente el centro de boyantez y el centro de gravedad, están en la misma línea de acción. La línea de agua a la que se encuentra operando el buque es paralela a la línea de base.

d) Operación de barrido, compuertas abiertas, tanques de carga por la mitad de su capacidad.

Peso del buque		82.32
Combustible		5.10
Agua		6.05
Lastre		14.90
Carga		<u>18.71</u>
Desplazamiento	=	127.08 Tons.
Calado	=	1.72 Mts.
CB (desde estación 5)	=	-.75 Mts.
CG (desde estación 5)	=	<u>-.61 Mts.</u>
Diferencia	=	.14 Mts. (0.58% L)
C.F.L. (desde estación 5)	=	2.14 Mts.

e) Operación de barrido, compuertas abiertas, tanques de carga llenos.

Peso del buque	82.32	
Combustible	5.10	
Agua	6.05	
Lastre	14.90	
Carga	<u>37.42</u>	
Desplazamiento	=	145.79 Tons.
Calado	=	1.90 Mts.
CB (desde estación 5)	=	1.00 Mts.
CG (desde estación 5)	=	<u>0.68 Mts.</u>
Diferencia	=	0.32 Mts. (1.34% L)
C.F.L. (desde estación 5)	=	-2.20 Mts.

f) Retorno al puerto, compuertas cerradas, agua del canal desalojada.

Peso del buque con carga	=	145.79
Calado	=	1.65 Mts.
CB (desde estación 5)	=	+0.27 Mts.
CG (desde estación 5)	=	-0.68 Mts.
C.F.L. (desde estación 5)	=	-0.87 Mts.

CONCLUSIONES:

Del análisis se determinan dos aspectos bien de
finidos:

- a) Cuando las compuertas están cerradas y no exis
te agua en el canal, la embarcación navega,
tanto vacía como llena, con un ligero asenta-
miento y por tanto con buena maniobrabilidad.

- b) Cuando las compuertas están abiertas y el
agua inunda el canal, la embarcación opera
virtualmente con su línea de agua paralela a
la línea de base, tanto con su tanque de car-
ga vacío, al comienzo de la operación, como
con su tanque lleno, al finalizar ésta.

- c) Si el lugar de operación es cercano a la cos-
ta, el centro de gravedad de la embarcación
tanto en la condición tanque de carga vacío,
medio y lleno, se desplazará ligeramente ha-
cia popa, mejorando las condiciones de paralel
ismo de la línea de agua de carga con la lí-
nea de base y permanece más cercano el centro
de gravedad como también el de boyantez.

5.4 CALCULOS ESTRUCTURALES.-

Los cálculos de los miembros estructurales se harán

de acuerdo con las "REGLAS PARA LA CONSTRUCCION Y CLASIFICACION PARA BUQUES DE ACERO DE ESLORA INFERIOR A 61 METROS", del American Bureau of Shipping.

Para el efecto de cálculos de los miembros estructurales, representados en el Plano N° 3 debemos considerar que la embarcación descontaminante es un pequeño tanquero, y por tanto, las reglas a aplicarse serán las de "BUQUES DESTINADOS AL TRANSPORTE DE PETROLEO AL GRANEL".

5.4.1 Quilla, roda y codaste.-

De la sección Quilla, roda y codaste obtenemos:

5.4.1.1 Quillas de barras.-

El espesor y altura de las Quillas de barras no serán menores que las obtenidas de las siguientes ecuaciones:

$$t = 0.625 L + 12.5 \text{ m.m.}$$

$$h = 1.46 + 100 \text{ m.m.}$$

donde:

t = espesor en milímetros

L = eslora del buque en metros = 23.75 mts.

h = altura en milímetros

$$t = 0.625 \times 23.75 + 12.5$$

$$= 27.34 \text{ m.m.}$$

$$h = 1.46 \times 23.75 + 100$$

$$= 134.67 \text{ m.m.}$$

Utilizaremos una barra de 152 m.m.
x 28.57 (6" x 1 1/8").

5.4.1.2 Rodas de Barra.-

El espesor y anchura de las rodas de barra, en donde se utilicen, no serán menores que los obtenidos de las siguientes ecuaciones:

$$t = 0.625 L + 6.35 \text{ m.m.}$$

$$w = 1.25 L + 90 \text{ m.m.}$$

donde:

t = espesor en milímetros

L = eslora del buque en metros = 23.75 mts.

w = anchura en milímetros

Estos valores de espesor y anchura han de mantenerse entre la Quilla y la línea de carga del proyecto.

Por encima de la línea de carga de proyecto, pueden reducirse gradualmente hasta que el área en la parte superior sea el 70% del valor obtenido por las fórmulas:

$$t = 0.625 \times 23.75 + 6.35 \text{ m.m.} = 21.19 \text{ m.m.}$$

$$w = 1.25 \times 23.75 + 90 \text{ m.m.} = 119,68 \text{ m.m.}$$

Utilizaremos una barra de 127 m.m. x 22 m.m. (5" x 7/8").

5.4.1.3 Codaste de barra.-

Donde se utilicen codastes de barra sin núcleo para la hélice, sus espesores y alturas no serán menores que las obtenidas de las ecuaciones siguientes:

$$t = 0.73 L \times 10 \text{ m.m.}$$

$$b = 1.283 L + 87,4 \text{ m.m.}$$

en donde:

t = espesor en milímetros

L = eslora del buque en metros

b = anchura en milímetros

Por encima de la línea de trazado del forro de fondo, el codaste puede reducirse gradualmente hasta que las áreas en las partes superiores sean iguales a la mitad de las áreas obtenidas por las fórmulas anteriores.

$$t = 0.73 \times 23.75 + 10 = 27.33 \text{ m.m.}$$

$$b = 1.283 \times 23.75 + 87.4 = 117.87 \text{ m.m.}$$

Utilizaremos una barra de 127 m.m. x 22 m.m. (5" x 7/8").

5.4.2 Planchas de forro exterior y cubierta.-

El espesor de las planchas del forro exterior y cubiertas, se obtendrá de las secciones 12 y 13, de las Reglas del A.B.S. Sin embargo, el espesor de las planchas no será menor de 6.5 m.m.

Cuando se adopten pinturas especiales de protección para controlar la corrosión el espesor de las planchas del forro exterior y cubiertas puede reducirse en un 10%.

5.4.2.1 Planchas del forro del fondo.-

El término "PLANCHAS DEL FONDO", se refiere a las planchas desde la quilla hasta el extremo superior del pantoque o hasta el codillo superior.

El espesor de las Planchas del Forro del Fondo no será menor que lo obtenido por las siguientes ecuaciones:

- a) Para buques con estructura transversal en el fondo.

$$t = s/519 \sqrt{(L - 19.8) (d/D)} + 2.5 \text{ m.m.}$$

- b) Para buques con estructura longitudinal en el fondo.

$$t = s/671 \sqrt{(L - 18.3) (d/D)} + 2.5 \text{ m.m.}$$

En donde:

t = espesor de las planchas del forro del fondo en milímetros.

s = separación de cuadernos en milímetros

L = eslora del buque, en metros

d = calado de escantilonado ó 0.66 D lo que sea mayor.

D = puntal del buque en metros

$$s = 508 + 0.83 L \text{ m.m.}$$

$$s = 508 + 0.83 \times 23.75 \text{ m.m.}$$

$$s = 508 + 19.71 = 527.71 \text{ m.m.}$$

s = adoptamos una separación de 500 m.m.

L = 23.75 metros

d = 0.66 D = 2 metros

D = 3 metros

La embarcación es un tanquero, por lo que usaremos cuadernas longitudinales.

$$t = \frac{500}{671} \sqrt{(23.75 - 18.30) (2/3)} + 2.5 \text{ m.m.}$$

$$t = 3.92 \text{ m.m.} < 6.5 \text{ m.m.}$$

Usaremos plancha de 7.938 m.m.
(5/16").

5.4.2.2 Planchas del forro del costado.-

El espesor de las planchas del forro del costado no será menor que lo obtenido por la ecuación siguiente:

$$t = s/645 \sqrt{(L - 15.2) (d/D)} + 2.5 \text{ m.m.}$$

Donde:

t = espesor en milímetros

s = separación entre cuadernas o longitudinales en milímetros.

L = eslora del buque, en metros ó 30.5 mts., lo que sea mayor.

d = calado de escantillonado ó 0.66 D

D = puntal del buque en metros

$$t = \frac{500}{645} \sqrt{(30.5 - 15.2) (2/3)} + 2.5 \text{ m.m.}$$

$$t = 4.98 < 6.5 \text{ m.m.}$$

Usaremos plancha de 7.938 m.m. (5/16")

5.4.2.3 Cubierta.-

El espesor de las planchas de cada cubierta no será menor que el obtenido por la siguiente ecuación:

$$t = s \sqrt{h} / 254 + 2.54 \text{ m.m.}$$

En donde:

t = espesor en milímetros

s = separación de refuerzos en milímetros.

h = altura en metros como sigue

h para una cubierta o porción de cubierta que forme el techo de un tanque, es la mayor de las distancias siguientes:

- a) dos tercios de la distancia desde el techo del tanque a la parte superior del tubo de rebose.
- b) dos tercios de la distancia desde el techo del tanque hasta la cubierta del compar

timentado o francobordo.

h = para una cubierta en la que transporta carga o provisiones, es la altura del entrepuente en el costado; cuando los pesos de carga sean mayores de lo normal (7177 Kg. m^3), h deberá ajustarse convenientemente.

h = para una cubierta a la intemperie en la que se transporta carga, es 3,66 metros. Cuando se prevea transportar carga en cubierta que exceda de 2,636 Kg. por metro cuadrado, esta altura se incrementará en proporción a las cargas adicionales a que vaya a estar sometida la estructura. h en otras zonas no será menor que la obtenida por la ecuación apropiada siguiente:

- a) Cubierta de francobordo a la intemperie que no tenga cubierta por debajo.

$$h = 0.02 L + 0.76 \text{ metros}$$

- b) Cubierta de francobordo que tenga por debajo, cubierta de castillo, cubierta de superestructura a proa de 0.25 L desde la cuaderna maestra.

$$h = 0.02 L + 0.46 \text{ metros}$$

- c) Cubierta de francobordo dentro de una superestructura, entre 0,25 L a proa y 0,20 L a popa de la cuaderna maestra.

$$h = 0.01 L + 0.61 \text{ metros}$$

- d) En otras zonas:

$$h = 0.01 L + 0.30 \text{ metros}$$

Consideramos $h = 3.66$ metros,
de donde:

$$t = s \sqrt{h/254} + 2.54 \text{ m.m.}$$

$$t = 500 \sqrt{3.66/254} + 2.54$$

$$t = 6.28 < 6.5 \text{ m.m.}$$

Usaremos plancha de 7.938 m.m.
(5/16").

5.4.3 Planchas de mamparos.-

El espesor de las planchas de mamparos se obtendrá de 11.3.1 en donde h se medirá desde el borde inferior de la plancha hasta la altura de prueba hidrostática dada en 18.7. Sin embargo, el espesor de la plancha no será inferior a 6.5 m.m. Cuando se adopten pinturas especiales para protección y controlar la corrosión, el espesor de las planchas de mamparos puede reducirse en un 20%.

5.4.3.1 Construcción de mamparos de tanques profundos.-

El espesor mínimo de los mamparos que limitan tanques profundos y de divisiones estancas, se obtendrá de la siguiente ecuación:

$$t = s \sqrt{h/254} + 2.54 \text{ m.m.}$$

en donde:

t = espesor en milímetros

s = separación entre refuerzos, en milímetros.

h = la mayor parte de las distancias siguientes, medida en metros, desde el borde más bajo de la chapa hasta:

- a) un punto situado a dos tercios de la distancia a la cubierta de compartimiento, a francobordo.
- b) un punto situado a dos tercios de la distancia desde el techo del tanque hasta la parte superior del tubo de rebose.
- c) un punto situado por encima del techo del tanque no menor que la mayor de las siguientes distancias:
 - 1) $0.01 L + 0.15$ metros, donde L es como se define en la sección 2.
 - 2) 0.46 metros

TUBOS DE RESPIRO, SONDAS Y TUBOS DE REBOSE:

a) Tubo de respiro de tanques

En todos los buques, la distribución estructural del doble fondo y otros tanques, se hará de forma que permita el libre paso del aire y otros gases desde todas las partes de los tanques hasta los tubos de respiro. Los tanques dispondrán, como mínimo, de un tubo de respiro, que estará situado en la parte más alta del tanque. Los tubos de respiro se dispondrán de forma que proporcionen un drenaje adecuado bajo condiciones normales.

Los tubos de respiro tendrán un diámetro interior mínimo no menor de 38 m.m. y no será tampoco menor que el de la tubería de llenado. Todos los tubos de rebose y de respiro situados en cubiertas a la intemperie, ter-

minarán en forma de cuello de cisne. Los tubos de respiro en tanques de combustibles dispondrán de rejillas apaga-llamas resistentes a la corrosión. Se dispondrán medios eficaces y permanentes para el cierre de las aberturas de los tubos de respiro.

Altura de los tubos de respiro

Cuando los tubos de respiro están expuestos a la intemperie, su altura será como mínimo de 760 m. m. por encima de la cubierta de superestructura, excepto en los casos en las que estas alturas pueden interferir con el trabajo del buque, en los cuales podrán ser aprobadas alturas menores. La altura de los tubos de respiro en buques de eslora inferior a 20 metros y en embarcaciones de recreo y buques de pesca se considerará especialmente.

b) Tubos de rebose

Cuando se instalan tubos de rebose, el área efectiva del rebose no será menor que el de la tubería de entrada y los respiros no necesitarán exceder del tamaño mínimo indicado en a.

Por lo tanto, después de considerar la altura del tubo de respiro para obtener h , tenemos que:

$$t = s \sqrt{h/254} + 2.54 \text{ m.m.}$$

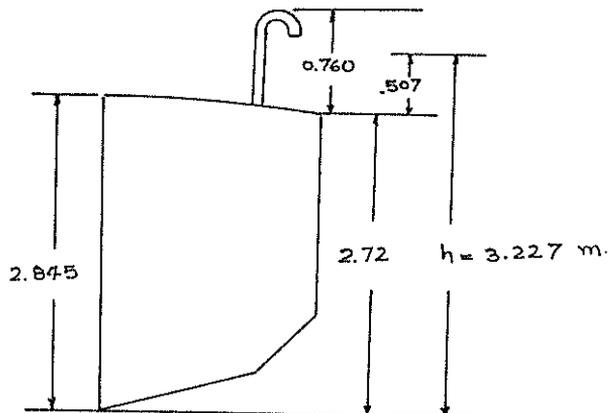
$$s = 500$$

$$h = 3,227$$

$$t = 500 \sqrt{3.227/254} + 2.54$$

$$= 6,07 < 6,5$$

Usaremos plancha de: 7.938 m.m. (5/16")



5.4.4 Bularcamas, vigas longitudinales y transversales.-

5.4.4.1 General.-

Las bularcamas y vigas longitudinales transversales que soportan a longitudinales, baos o refuerzos de mamparos cumplirán con los párrafos siguientes. Se dispondrá de vigas de gran altura en línea con los bularcamas para proporcionar rigidez a la sección completa. En buques que no dispongan de mamparos longitudinales en el plano de crujía o de miembros de soporte eficaces de dicho plano, se colocarán quillas verticales para servir de soporte cuando se usen picaderos en crujía durante las varadas en dique seco.

5.4.4.2 Módulo resistente.-

El módulo resistente SM de cada miembro con un ancho efectivo de

plancha asociada igual a s ó $0,33\ell$, como se define más abajo, el que sea menor, no será inferior al obtenido de la ecuación siguiente:

$$SM = 4.74 c h s \ell^2 \text{ cm}^3$$

$$SM = 4.74 c h s \ell^2 \text{ cm}^3$$

En donde:

s = Separación entre elementos transversales o anchura del área soportada, en metros.

ℓ = Longitud del miembro entre soportes (con corrección por consolas, si existiesen).

h = Para transversales de fondo y vagras será igual al puntal del buque, D ; en metros.

h = Para transversales de costado y bularcamas en mamparos longitudinales, y vigas horizontales, bularcamas en mamparos

transversales y palmajares será igual a la distancia vertical medidas en metros entre el centro del área soportada y la altura para la prueba hidrostática.

h = Para transversales de cubierta y esloras se medirá, como se indico antes, para transversales de costado, este concepto que en ningún caso se tomará h inferior al 15% del puntal D del buque.

c = Para transversales del fondo y cubierta es como se indica en las figuras 20.1, 20.2 y 20.3; 2.00 para vagras, bularcamas en mamperos transversales y palmajares; 2.50 para esloras.

c Para transversales de costo y bularcamas en mamparos longitudinales.

1.50 sin tirantes

1.10 con un tirante horizontal
0.65 con dos tirantes horizontales.

El módulo resistente de los transversales de cubierta en los tanques laterales, no será inferior al 70% del módulo resistente de los miembros correspondientes, situado en los tanques centrales. También, cuando no se dispongan tirantes u otros medios de soportes eficaces para las bularcamas de los tanques laterales, el módulo resistente de los transversales de cubierta en los tanques altos, no será menor al 70% del módulo resistente del bularcamas del costado.

5.4.4.3 Proporciones.-

El espesor de las almas de los miembros no será menor que el obtenido de la ecuación siguiente:

$$t = 0,026 L + 7,0 \text{ m.m.}$$

En donde:

t = espesor en milímetros

L = eslora del buque, en metros

Cuando se utilicen pinturas protectoras especiales para controlar la corrosión, los espesores de las almas pueden reducirse un 10%.

$$L = 23.75 \text{ mts.}$$

$$t = 0,026 \times 23,75 + 7,0 \text{ m.m.}$$

$$t = 7,61 \text{ m.m.}$$

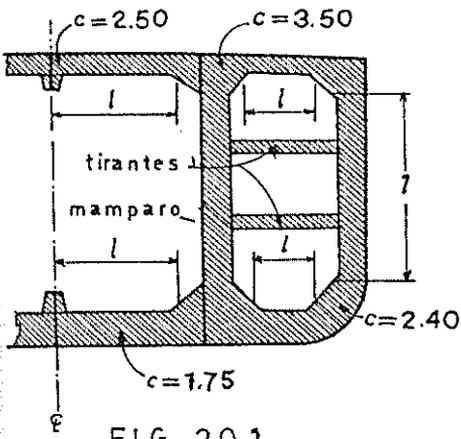


FIG. 20.1

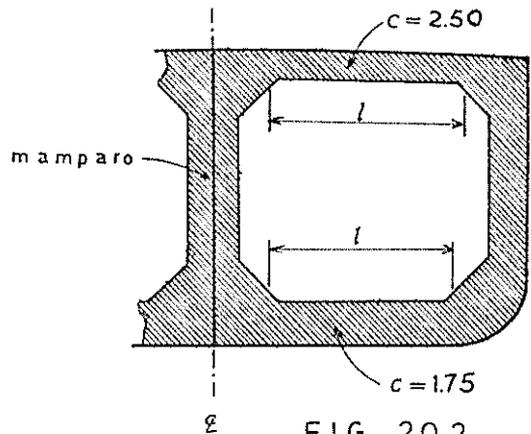


FIG. 20.2

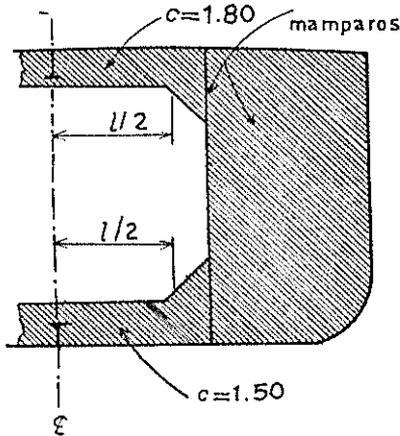


FIG. 20.3

FIG 20: TIPOS DE BULARCAMAS

Las alturas de los miembros, expresadas como porcentajes de sus luces, no serán menores que las siguientes:

- 12,5 para transversales de costado y cubierta, para bularcamas, vigas horizontales de mamparos longitudinales y para palmejares.
- 20% para vigas centrales y esloras de cubierta en el plano de crujía, para transversales de fondo y para bularcamas y vigas horizontales de mamparos transversales.

En ningún caso la altura de un miembro transversal será inferior a tres veces la altura de los escotes realizados en este miembro para el paso de elementos longitudinales.

5.4.5 Cuadernas, baos y refuerzos de mamparos.-

El módulo resistente SM de cada longitudinal del forro longitudinal de cubierta y refuerzo de mamparo, asociado a la chapa que va

unido, no será menor que el obtenido por la ecuación siguiente:

$$SM = 7.90 c h s \ell^2 \text{ cm}^3$$

En donde:

ℓ Longitud no soportada, en metros (con corrrección por consolas, si existiesen).

s Separación entre longitudinales o refuerzos en metros.

h Distancia, en metros, medida desde los longitudinales o desde el punto medio de l en el caso de refuerzos verticales hasta la altura para la prueba hidrostática. La altura de prueba será la distancia hasta la parte superior de las escotillas o 1.22 metros por encima de la cubierta que forma el coronamiento de los tanques medidos al costado, lo que sea mayor.

c 1.30 para longitudinales de fondo
0.95 para longitudinales de costado

1.25 para longitudinales de cubierta

1.00 para cuadernas del forro exterior,
para refuerzos horizontales y verticales
de mamparos transversales y para refuer-
zos verticales de mamparos longitudina-
les.

0.90 para refuerzos horizontales de mampa
ros longitudinales.

Cuando se utilicen pinturas especiales de
protección para controlar la corrosión, el
módulo resistente se podrá reducir en un 10%.

LONGITUDINALES DE FONDO

$$SM = 7.90 \text{ c h s } \ell^2 \text{ cm}^3$$

$$\ell = 2 \text{ metros}$$

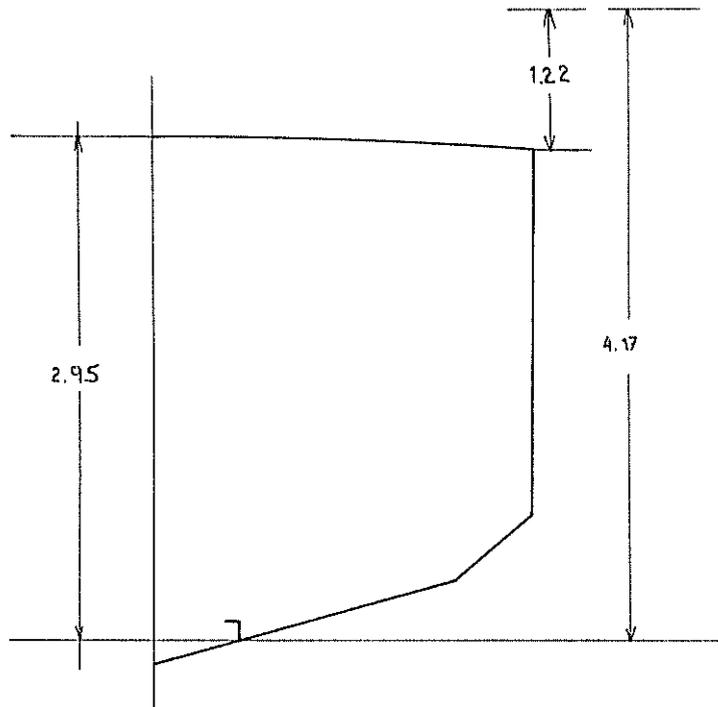
$$s = 50 \text{ metros}$$

$$h = 4.17 \text{ metros}$$

$$c = 1.30 \text{ cadimensional}$$

$$SM = 7.90 \times 1.30 \times 4.17 \times .50 \times 2^2$$

$$SM = 85.65 \text{ cm}^3$$



$$SM = 85.65$$

$$L = 3 \frac{1}{2} \times 3 \frac{1}{2} \times \frac{3}{8}''$$

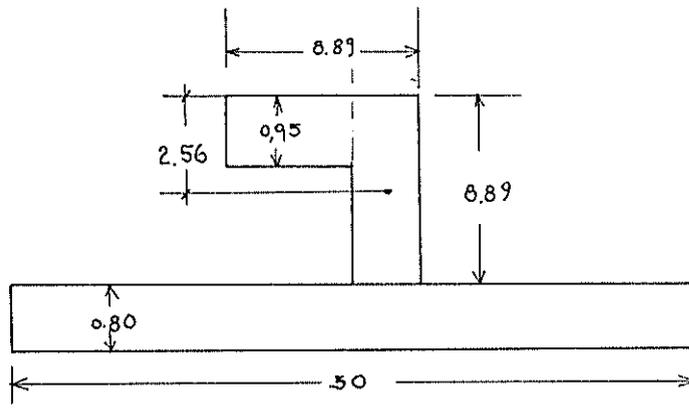
$$(8.89 \times 8.89 \times .95)$$

$$\text{Peso} = 12.6 \text{ Kgs./m}$$

$$\text{Area de la sección} = 16,0 \text{ cm}^2$$

$$\text{Inercia} = 120 \text{ cm}^4$$

$$X = 2,56 \text{ cm.}$$



ELEMENTOS	AREA	Y	AY	AY ²	I _p .
Angulo	16	7.13	114,08	813,39	120
Plancha	40	.4	16	6,4	2,12
	56		130,08	819,79	122,12
			I _p =	<u>122,12</u>	
				941,91	
			-Ad ² =	301,41	
			I _{en} =	649,50	

$$d = \frac{130,08}{56} = 2,32$$

$$\text{Módulo Seccional} = \frac{I_{en}}{d} = \frac{640,50}{7,37} = 86,90 > 85,65$$

LONGITUDINALES DEL COSTADO

$$SM = 7,90 \text{ c h s } \ell^2 \text{ cm}^3$$

$$\ell = 2 \text{ metros}$$

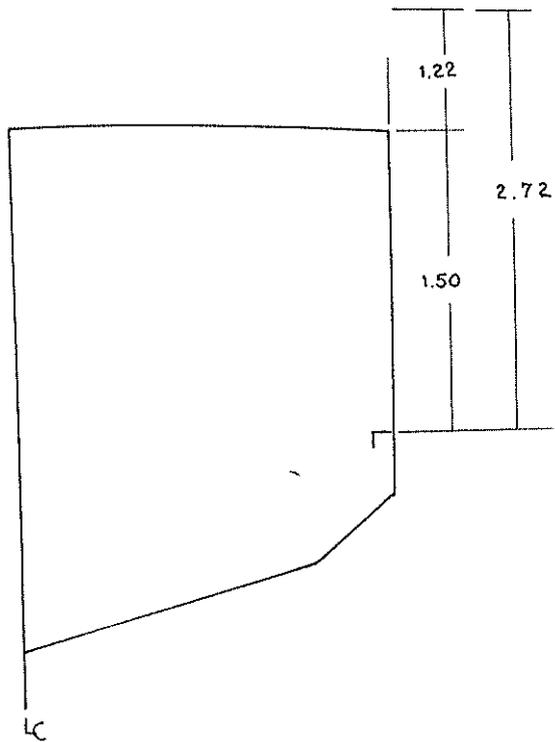
$$s = .50 \text{ ''}$$

$$h = 2,72 \text{ ''}$$

$$c = 0,95 \text{ cadimensional}$$

$$SM = 7,90 \times 0,95 \times 2,72 \times .50 \times 2^2$$

$$SM = 40,82 \text{ cm}^3$$



$$SM = 40,82$$

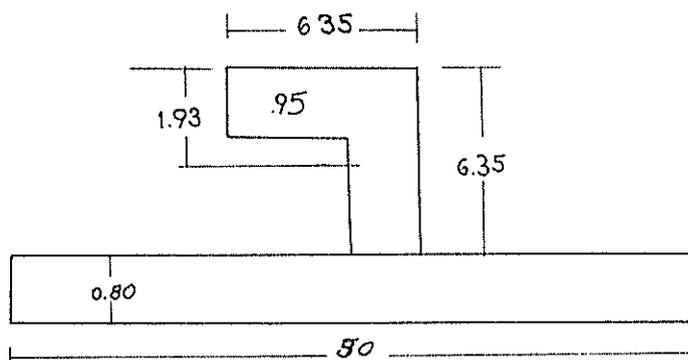
$$Ls = 2 \frac{1}{2} \times 2 \frac{1}{2} \times \frac{3}{8}''$$
$$(6,35 \times 6,35 \times .95)$$

$$\text{Peso} = 8,8 \text{ Kgs./m}$$

$$\text{Area de la seccion} = 11,1 \text{ cm}^2$$

$$\text{Inercia} = 42 \text{ cm}^4$$

$$X = 1,93 \text{ cm.}$$



ELEMENTOS	AREA	Y	Ay	AY ²	I _p .
Angulo	11.1	5.22	57.94	302.45	41
Plancha	40	.4	16	6,40	2,12
	51,1		73,94	308.85	43.12
			I _p =	<u>43.12</u>	
				351.97	
			-Ad ² =	<u>105.96</u>	
			I _{en} =	246.01	

$$d = \frac{73.94}{51.1} = 1.44$$

$$\text{Módulo Seccional} = \frac{246,01}{5,71} = 43,08 > 40,82$$

LONGITUDINAL DE CUBIERTA

$$SM = 7,90 \text{ c h s } \ell^2 \text{ cm}^3$$

$$SM = 7,90 \times 1,25 \times 1,22 \times ,50 \times 2^2$$

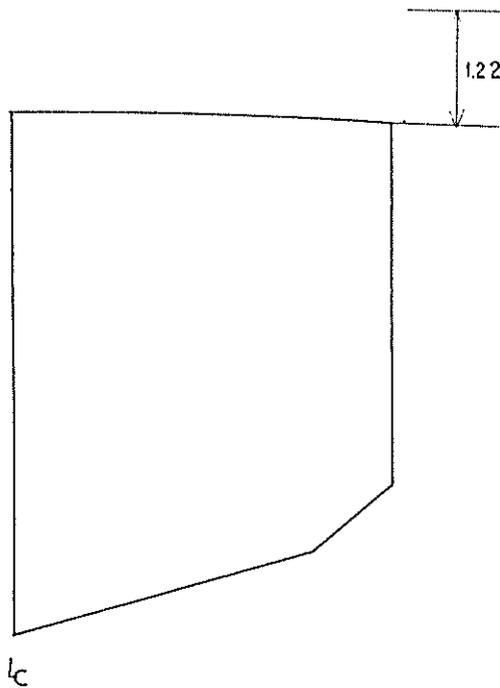
$$SM = 24,08$$

$$\ell = 2 \text{ metros}$$

$$s = .50 \text{ ''}$$

$$h = 1.22 \text{ ''}$$

$$c = 1.25$$



$$SM = 24,08$$

$$Ls = 2'' \times 2'' \times 3/8''$$

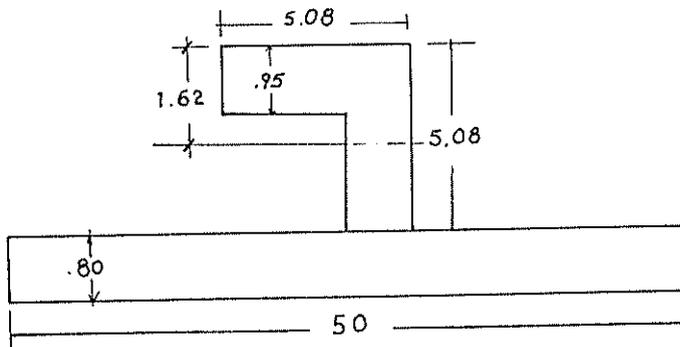
$$(5.08 \times 5.08 \times .95)$$

$$\text{Peso} = 7.0 \text{ Kgs./m}$$

$$\text{Area de la sección} = 8,77 \text{ cm}^2$$

$$\text{Inercia} = 20 \text{ cm}^4$$

$$X = 1,62 \text{ cm.}$$



ELEMENTOS	AREA	Y	Λy	ΛY^2	I_p .
Angulo	8.77	4.26	37.36	159,15	20
Plancha	40	.4	16	6,40	2,13
	48,77		53,36	165,55	22,13
			$I_p =$	$\frac{22,13}{187,67}$	
			$-Ad^2 =$	$\frac{-57,94}{129,73}$	
			$I_{en} =$		

$$d = \frac{53,36}{48,77} = 1,09$$

$$\text{Módulo Seccional} = \frac{129,73}{4,79} = 27,08 > 24,08$$

REFUERZOS HORIZONTALES DE MAMPAROS LONGITUDINALES

$$SM = 7,90 \text{ c h s } \ell^2 \text{ cm}^3$$

$$SM = 7,90 \times .90 \times 3,47 \times .50 \times 2^2$$

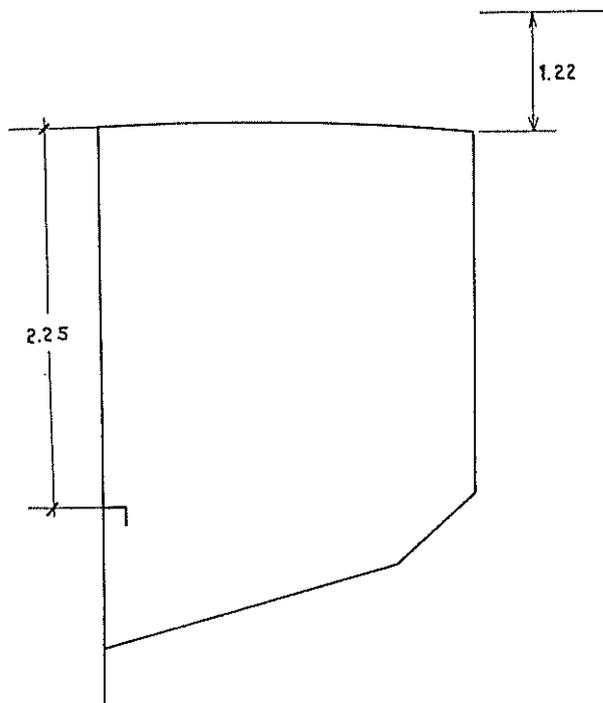
$$49,34$$

$$\ell = 2 \text{ metros}$$

$$s = ,50 \text{ ''}$$

$$h = 3,47 \text{ ''}$$

$$c = ,90$$



$$SM = 49,34$$

$$Ls = 3'' \times 3'' \times 3/8$$

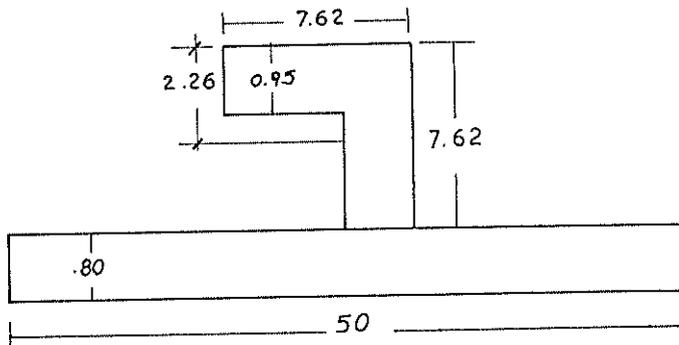
$$(7.62 \times 7,62 \times ,95)$$

$$\text{Peso} = 10,7 \text{ Kgs./m}$$

$$\text{Area de la sección} = 13.6 \text{ cm}^2$$

$$\text{Inercia} = 75 \text{ cm}^4$$

$$x = 2,26 \text{ cms.}$$



ELEMENTOS	AREA	Y	Λy	Λy^2	$I_p.$
Angulo	13,6	6,16	83,77	516,06	75
Plancha	40,0	,4	16	6,4	2,12
	53,6		99,77	522,46	
			$I_p =$	77,12	
				599,58	
			$-Ad^2 =$	<u>185,43</u>	
			I_{en}	414,15	

$$d = \frac{99,77}{53,6} = 1,86$$

$$\text{Módulo Seccional} \quad \frac{I_{en}}{y} = \frac{414,15}{6,56} = 63,13 > 49,34$$

REFUERZOS DE MAMPAROS TRANSVERSALES

$$SM = 7,90 \text{ c h s } 1^2 \text{ cm}^3$$

$$SM = 7,90 \times 1,00 \times 2,72 \times ,5 \times 2,83^2$$

$$SM = 86,64$$

Usamos Ls 3 1/2 x 3 1/2 x 3/8"

$$(8,89 \times 8,89 \times ,95)$$

$$l = 2,83 \text{ metros}$$

$$s = ,5 \text{ "}$$

$$h = 2,72 \text{ "}$$

$$c = 1,00$$

TRANSVERSAL CENTRAL DEL FONDO

$$s = 2 \text{ metros}$$

$$l = 1 \text{ ''}$$

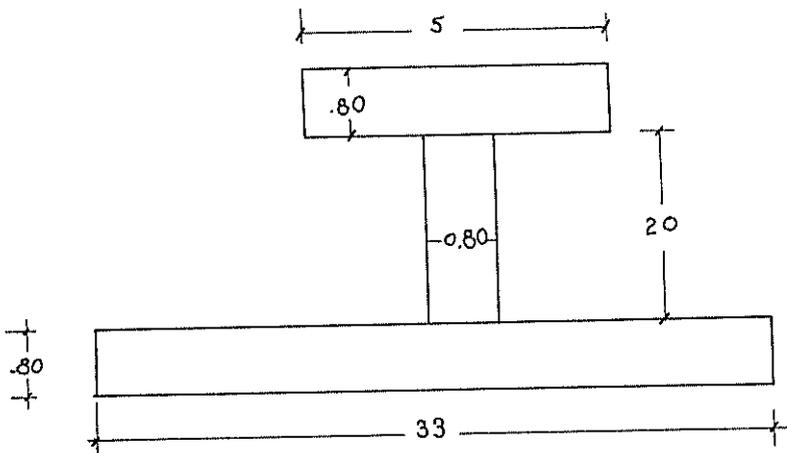
$$h = 3 \text{ ''}$$

$$c = 1.75 \text{ cadimensional}$$

$$SM = 4,74 c h s l^2 \text{ cm}^3$$

$$SM = 4,74 \times 1,75 \times 3 \times 2 \times 1^2$$

$$SM = 49,77 \text{ cm}^3$$



ELEMENTOS	AREA	Y	Ay	Ay ²	I _p .
Platina	4	21.2	84.80	1797,76	0,21
Alma	16	10,8	172,80	1886.24	533,33
Plancha	26.40	,4	10,56	4,22	1,40
	46,40		268,16	3668,22	534,94
			I _p =	$\frac{534,94}{4203,16}$	
			-Ad ² =	-1544,74	
			I _{en}	2658,42	

$$d = \frac{268,16}{46,40} = 5,77$$

$$\text{Módulo seccional} = \frac{2658,42}{15,83} = 167,93 > 49,77$$

TRANSVERSAL LATERAL DEL FONDO

$$s = 2 \quad \text{metros}$$

$$l = 2.125 \quad "$$

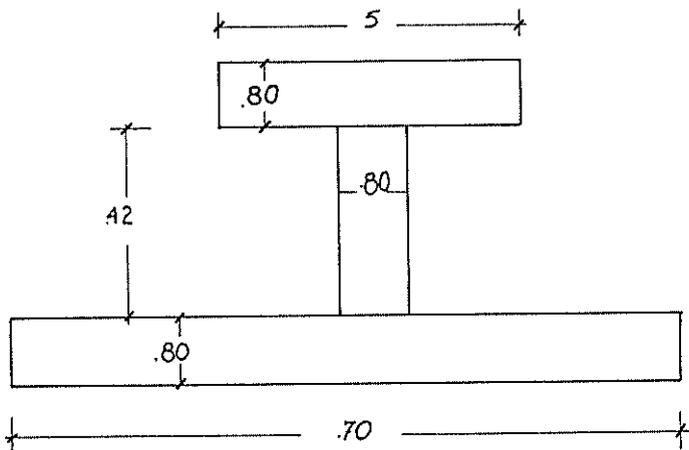
$$h = 3 \quad "$$

$$c = 2.40 \quad "$$

$$SM = 4.74 \quad c \quad h \quad s \quad \ell^2 \quad \text{cm}^3$$

$$SM = 4,74 \quad x \quad 2,40 \quad x \quad 3 \quad x \quad 2 \quad x \quad 2.125^2$$

$$SM = 308,21 \quad \text{cm}^3$$



ELEMENTOS	AREA	Y	Ay	Ay ²	I _p .
Platina	4	43.2	172.8	7464,96	.21
Alma	33,6	21,8	732,48	15968,06	4939,20
Plancha	56	,4	22,40	8,96	2,98
	93,60		927,68	23441,98	4942,39
			I _p =	$\frac{4942,39}{28384,37}$	
			-Ad ² =	$-\frac{9191,27}{19192,10}$	
			I _{en}		

$$d = \frac{927,68}{93,60} = 9,91$$

$$\text{Módulo seccional} = \frac{19192,10}{33,69} = 569,66 > 308,21$$

TRANSVERSAL DE COSTADO Y REFUERZO DE MAMPARO LONGITUDINAL

$$s = 2 \quad \text{metros}$$

$$\ell = 3 \quad \text{"}$$

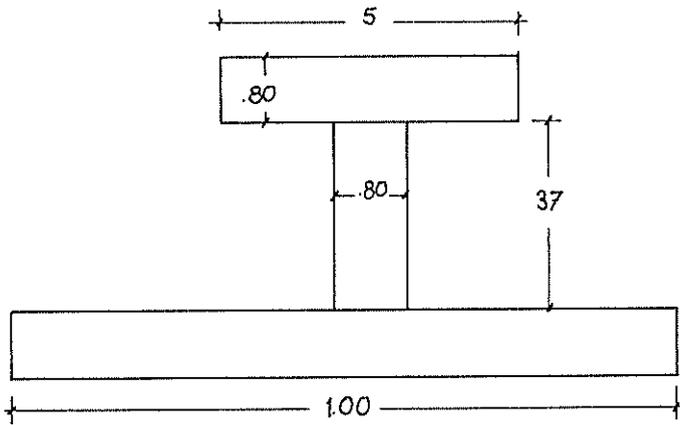
$$h = 2,72 \quad \text{"}$$

$$c = 1,50 \quad \text{"}$$

$$SM = 4,74 \quad c \quad h \quad s \quad \ell^2 \quad \text{cm}^3$$

$$SM = 4,74 \quad x \quad 1,50 \quad x \quad 2,72 \quad x \quad 2 \quad x \quad 3^2$$

$$SM = 348,10 \quad \text{cm}^3$$



ELEMENTOS	A	Y	Ay	Λy	I _p .
Platina	4	38.2	152.8	5836,96	.21
Alma	29.60	19.30	571,28	11025,70	3376,86
Plancha	80	,4	32,00	12,80	4,26
	113,60		756,08	16875,46	3381,33
			I _p =	<u>3381,33</u>	
				20256,79	
			-Ad ² =	<u>-5023,67</u>	
			I _{en} =	15233,12	

$$d = \frac{756,08}{113,60} = 6,65$$

$$\text{Módulo Seccional} = \frac{15233,12}{31,95} = 476,77 > 348,10$$

TRANSVERSAL DE CUBIERTA CENTRAL

$$s = 2 \quad \text{metros}$$

$$l = 1 \quad \text{"}$$

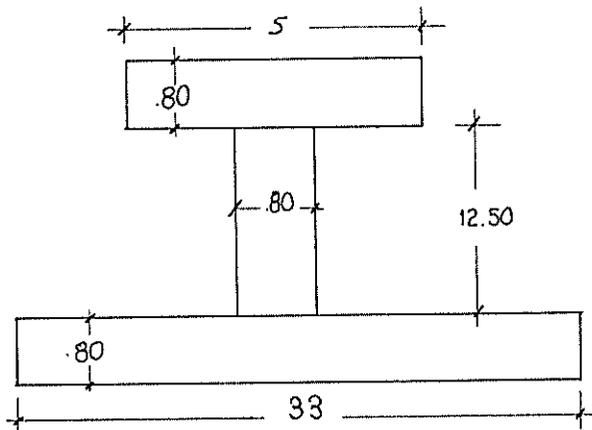
$$h = 1,22 \quad \text{"}$$

$$c = 2,50 \quad \text{"}$$

$$SM = 4,74 \quad c \quad h \quad s \quad l^2 \quad \text{cm}^3$$

$$SM = 4,74 \quad x \quad 2,50 \quad x \quad 1,22 \quad x \quad 2 \quad x \quad 1^2$$

$$SM = 28,91 \quad \text{cm}^3$$



ELEMENTOS	AREA	Y	Δy	Ay^2	$I_p.$
Platina	4	13,7	54,8	750,76	.21
Alma	10	7,05	70,5	497,02	130,20
Plancha	26,40	,4	10,56	4,22	1,40
	40,40		135,86	1252,00	131,81
			$I_p =$	$\frac{131,81}{1383,81}$	
			$-Ad^2 =$	$\frac{-456,09}{927,72}$	
			$I_{en} =$	927,72	

$$d = \frac{135,86}{40,40} = 3,36$$

$$\text{Módulo Seccional} = \frac{927,72}{10,72} = 86,37 > 28,91$$

TRANSVERSAL DE CUBIERTA LATERAL

$$s = 2 \quad \text{metros}$$

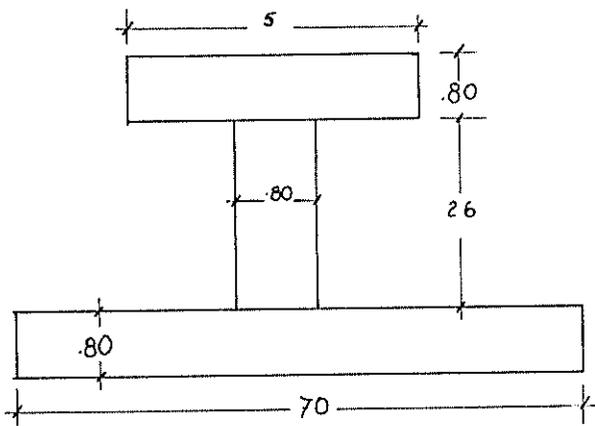
$$l = 2.125 \quad \text{"}$$

$$h = 1,22 \quad \text{"}$$

$$c = 3,50 \quad \text{"}$$

$$SM = 4,74 \times 3,50 \times 1,27 \times 2 \times 2.125^2$$

$$SM = 182,79 \text{ cm}^3$$



ELEMENTOS	AREA	Y	Ay	Ay ²	I _p
Platina	4	27,2	108,80	2959,36	.21
Alma	20.80	13,8	287,04	3961,15	1171,73
Plancha	56	,4	22,40	8,96	2,98
	80,80		418,24	6929,47	1174,92
			I _p =	<u>1174,92</u>	
				8104,29	
			-Ad ² =	<u>2159,69</u>	
			I _{en}	5944,70	

$$d = \frac{418,24}{80,80} = 5,17$$

$$SM = \frac{5944,70}{22,43} = 265,03 > 182,79$$

5.4.6 Superestructura.-

5.4.6.1 Planchas del costado.-

El espesor de las Planchas de Costado de una superestructura, no será menor que el obtenido por los requerimientos de 12.5 en asociación con la separación de cuadernas exigidas en 12.1 (A.B.S.).

$$t = S/645 \sqrt{(L - 152) (d/d) + 2.5 \text{ m.m.}}$$

$$t = 500/645 \sqrt{(23.75 - 15.2) (d/D) + 2.5 \text{ m.m.}}$$

De acuerdo a la fórmula aplicada nos da $t = 4.35 \text{ m.m.}$, usaremos plancha de 6.35 m.m. ó sea $(1/4")$.

5.4.6.2 Mamparos extremos.-

a) Planchas.- El espesor exigido para las planchas de los mamparos extremos de superestructura en cubiertas de francobordo, no será menor que el obtenido de la siguiente ecuación:

$$t = 0.05 L + c.m.m. \quad (7.5 \text{ m.m. Máximo})$$

En donde:

t = espesor de las planchas del mam
paro, en milímetros.

L = eslora del buque, en metros

c = 5.335 para mamparos frontales
 expuestos de toldillas y puen-
 tes.

3.81 para mamparos frontales de
 toldillas parcialmente protegi-
 das.

2.80 para mamparos posteriores
 de puentes y castillos.

Quando la separación entre refuer-
 zos sea mayor (menor) de 760 m.m.,
 el espesor de las planchas del cos
tado y mamparos obtenidos por 14.1.1
 y 14.1.3, se incrementará (puede
 ser reducido) a razón de 0.5 m.m.
 por cada 100 m.m. de diferencia en
 la separación, sin embargo, la re-
 ducción máxima permitida es 1.50
 m.m.

$$t = 0.05 L + c.m.m.$$

Plancha de mamparo frontal

$$t = 0.05 \times 23.75 + 5.335$$

$$t = 1.18 + 5.335 = 6.51 \text{ m.m.}$$

Separación de refuerzos 500 m.m.

$$\text{Diferencia } 760 - 500 = 260 \text{ m.m.}$$

Reducción en espesor de la plancha

1.30 m.m.

$$6.51 - 1,30 = 5,21 \text{ m.m.}$$

Usaremos plancha de 6.35 m.m. (1/4")

Plancha de mamparo posterior

$$t = 0,05 \times 23.75 + 2,80$$

$$t = 1,18 + 2,80$$

$$t = 3,98 \text{ m.m.}$$

Usaremos plancha de 6.35 m.m. (1/4")

Refuerzos.- El módulo resistente de cada refuerzo de mamparo con la plancha asociada a la que va unida, no será menor que el obtenido en la siguiente ecuación:

$$SM = 7.9 s c \ell^2 \text{ cm}^3$$

En donde:

s = separación entre refuerzos, en metros.

ℓ = altura de trazado de la superestructura en metros o, en caso de refuerzos horizontales, separación entre bularcamas, en metros.

$c = 0,10$ para mamparos frontales expuestos de toldillas y puentes.

$c = 0,023 L$ para costados de superestructura y mamparos frontales de toldillas parcialmente protegidas.

$0,015 L$ para los mamparos de popas de puentes y castillos.

Los refuerzos de los mamparos frontales de superestructuras de toldillas y puentes se unirán a las planchas de cubierta en sus extremos superior e inferior, mediante soldadura continua.

Refuerzos de los mamparos frontales
expuestos:

$$SM = 7.9 s c \ell^2 \text{ cm}^3$$

$$s = .50 \text{ metros}$$

$$\ell = 2.10 \text{ ''}$$

$$c = 0.10 \text{ L } 2.375$$

$$SM = 7.9 \times .50 \times 2.375 \times 2.10^2$$

$$SM = 41.37 \text{ cm}^3$$

$$6.35 \times 6.35 \times 0.95$$

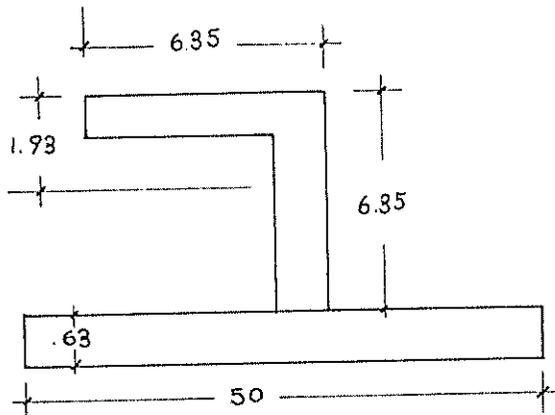
$$L_s = 2 \frac{1}{2}'' \times 2 \frac{1}{2}'' \times \frac{3}{8}''$$

$$\text{Peso} = 8.8 \text{ Kgs/mts.}$$

$$\text{Area sección} = 11.1 \text{ cm}^2.$$

$$\text{Inercia} = 41 \text{ cm}^4$$

$$x = 1.93$$



ELEMENTOS	AREA	Y	Ay	Ay ²	I _{p.}
Angulo	11,1	5,95	66,04	392,93	41
Plancha	31,50	,31	9,76	3,02	1.04
	42,60		57,80	395,95	42,04
			I _p =	$\frac{42,04}{437,99}$	
			-Ad ² =	$\frac{-133,46}{304,53}$	
			I _{en} =		

$$d = \frac{75,80}{42,60} = 1,77$$

$$SM = \frac{304,53}{5,21} = 58,45 > 41,37$$

Refuerzos del costado

$$SM = 7,95 \text{ s c } \ell^2 \text{ cm}^3$$

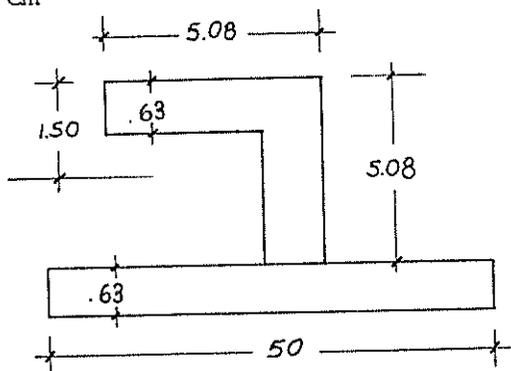
$$s = ,50 \text{ metros}$$

$$\ell = 2,00 \text{ ''}$$

$$c = ,23 \text{ L} = 0,54$$

$$SM = 7,9 \times ,50 \times ,54 \times 2^2$$

$$SM = 8,53 \text{ cm}^3$$



ELEMENTOS	AREA	y	Ay	Λy^2	I_p .
Angulo	6	4,21	25,26	106,34	14
Plancha	31,50	,4	12,60	5,04	1,04
	37,50		37,86	111,38	15,04
			$I_p =$	$\frac{15,04}{126,42}$	
			$-\Lambda d^2 =$	$\frac{-37,50}{88,92}$	

$$d = \frac{37,86}{37,50} = 1,00$$

$$y = 5,71 - 1 = 4,71$$

$$\text{Módulo Seccional} = \frac{88,92}{4,71} = 18,87 > 8,53$$

Refuerzos del mamparo de popa del puente.

$$SM = 7,9 s c \ell^2 \text{ cm}^2.$$

$$s = .50$$

$$\ell = 2,10$$

$$c = ,015 \quad L = 0,35$$

$$SM = 7,9 \times ,50 \times 0,35 \times 2,10^2$$

$$SM = 6,09 \text{ cm}^3$$

Se usarán

$$Ls = 2'' \times 2'' \times 1/4''$$

$$5,08 \times 5,08 \times 0,63 \text{ cm.}$$

Cubierta de la superestructura

$$t = s \sqrt{h/2,54} + 2,54 \text{ m.m.}$$

En donde:

t = espesor en milímetros

s = separación de refuerzos en milímetros

500

$$h = 2,10$$

$$t = 500 \sqrt{2,10/254} + 2,54 \text{ m.m.}$$

$$t = 2,85 + 2,54$$

$$t = 5,39 \text{ m.m.}$$

Se usará plancha de 6,3 m.m. (1/4")

Baos de superestructura

Módulo resistente

$$SM = 7,9 c h s \ell^2 \text{ cm}^3.$$

Donde:

$$c = 0,70$$

$$s = ,5 \text{ metros}$$

$$\ell = 2,00 \text{ ''}$$

$$h = 2,10 \text{ ''}$$

$$SM = 7,9 \times 0,70 \times 2,10 \times ,5 \times 2^2$$

$$SM = 23.22 \text{ cm}^3$$

Se usarán : Ls (6,35 x 6,35 x ,95 cm.)
Ls (2 1/2" x 2 1/2" x 3/8")

5.5 DISTRIBUCION, COMPARTIMENTAJE. -

La distribución general de un buque puede ser definido como el señalamiento de espacios para todas las funciones requeridas y equipos correctamente coordinada para ubicación y accesos.

Cuatro pasos consecutivos caracterizan la distribución general, a saber: colocación de principales espacios, colocación de espacios individuales, selección y localización de equipos y accesorios dentro de los límites y proveer los accesos que los relaciona.

Generalmente los planos de distribución particulares, son preparados para la parte conceptual, preliminares, contratos y pasos para planes de trabajo, los datos para los primeros pasos vienen de pasadas experiencias y el grado de detalles aumenta con el progreso del diseño.

El diseño de un buque requiere de mucho arte y ciencia y la mayoría de estas mezclas ocurren en la distribución general. El diseñador considera las demandas para todas las funciones y subfunciones del buque, balancea los tipos relativos e importancia de la demanda e intenta arribar a una óptima rela-

ción condicionada a los espacios señalados dentro del caso del buque.

La distribución general, entonces representa un su mario o integración de la formación de otras divisiones y especialidades en el diseño del buque, pa ra proporcionar todas las funciones necesarias del buque en la más eficiente y económica vía, desde un total punto de vista.

La operación eficiente de un buque depende de la apropiada distribución de cada espacio separado y la más efectiva interrelación entre todos los espa cios.

Es importante que la distribución general sea funcional y económica con respecto a los factores que afectan los costos de operación y construcción, es pecialmente el potencial humano requerido para ope rar el buque.

El principal paso para solucionar el problema de distribución general, es localizar los principales espacios y sus límites dentro del casco del buque y superestructura. Ellos son:

- Espacios de carga

- Espacios de maquinaria
- Espacios para tripulación y espacios asociados
- Tanques
- Misceláneas

La distribución de la embarcación descontaminante, estará de acuerdo con el trabajo a realizar, la misma que está representada en el Plano N° 4.

El casco estará dividido desde la proa hasta la popa en los siguientes compartimentos:

- Dos tanques de lastre en babor y estribor, con capacidad cada uno de 7.45 m³.
- Dos tanques de boyantez a babor y estribor con capacidad cada uno de 29.90 m³.
- Dos tanques de carga de petróleo recuperado a babor y estribor, con capacidad cada uno de 21.20 m³.
- Dos tanques para combustible para las máquinas a babor y estribor con capacidad cada uno de 5,30 m³.

En la parte central de la embarcación, ésta tendrá un canal de acceso que dará cabida en la mezcla agua-petróleo al abrirse las compuertas que forman la proa de la embarcación.

El canal de acceso es una apertura en el centro de la embarcación con un ancho de dos metros y está limitado en su parte inferior por el doble fondo que sirve de conexión a los tanques laterales y en su parte superior por la cubierta de la embarcación.

Hacia popa en el canal de acceso se tiene el sistema banda oleofílica y el soporte de los rodillos de la parte inferior, el canal va ascendiendo a 23° con la horizontal formando un tanque central de boyantez.

Siguiendo la erección anterior, se tiene un orificio que dá cabida al sistema de recolección de desechos, que no es otra cosa que un cesto formado por varillas separadas convenientemente y que dejan circular la mezcla agua-petróleo, quedando los desechos dentro de ella.

Atrás del sistema que contiene la banda olefílica hay un compartimento que se encuentra ligeramente

por debajo de la línea de agua y que recibe en su parte superior el petróleo, presionado por la masa de agua; debido a su menor densidad flota en ésta, el cual es absorbido por la bomba situada en un compartimento inmediatamente arriba de este lugar, con el fin de regular la velocidad de salida del flujo de agua que se encuentra bajo la capa de petróleo; teniendo una compuerta accionada desde la parte superior, la cual subirá ó bajará acorde con las necesidades del sistema.

Hacia popa se cuenta con un amplio departamento de máquinas que da cabida a dos motores 12V71, dos generadores de 30KW, bombas hidráulicas, sistemas de bombas de sentinas, sistemas de bombas contra-incendios, etc.

En el departamento de máquinas se tiene dos tanques de agua dulce de 3.5 mts³ cada uno.

En el pañol de popa se tiene un adecuado sistema de gobierno hidráulico.

En la proa se tiene un castillo que da cabida a los sistemas hidráulicos de accionamiento para la apertura y cierre de las compuertas, los sistemas hidráulicos de los barredores directrices del flu-

jo de agua-petróleo y sobre la cubierta del casti-
llo un winche mecánico manual que acciona al ancla.

La cabina situada hacia popa de la embarcación sir-
ve de acceso al puente de mando, al departamento de
máquinas y al departamento de bombas y hacia la par-
te habitable de la embarcación que está constituída
por comedor, cocina, servicios higiénicos y dos ca-
marotes con dos literas.

El puente de mando situado sobre la cabina, cuenta
con todos los controles remotos de las máquinas.

5.6 INSTALACION DE EQUIPOS.-

Los equipos con sus respectivas características a
instalarse a bordo son los siguientes:

5.6.1 Sistema de propulsión.-

La embarcación es propulsada por dos moto-
res diesel, General MotorsGM 12V-71, modelo
7122-7000 R.H., de 340 SHP continuos a 1800
RPM con reductor. TWIN Disc modelo 512 a
razón de 3 a 1.

El eje propulsor será de acero rolado en ca

liente, conforme a las especificaciones AISI C 1018, rectificado en torno y pulido de 75 m.m. de diámetro (3 pulgadas) y 3 metros de largo, con camisas de bronce, protegidos con camisas de fibra de vidrio y caucho sintético.

El bocín de popa será del tipo "cuttles rubber bearing", asimismo el bocín a continuación de la prensa estopa. La prensa estopa será de bronce con un empaque mergollar.

La hélice es de bronce de tres aspas de 112 cm (44 pulgadas) de diámetro por 79 cm (31 pulgadas) de paso con tuerca cónica.

El arranque de los motores propulsores es eléctrico, alimentado por un banco de baterías de 24 voltios.

5.6.2 Sistema de gobierno.-

El gobierno será electrohidráulico, marca Wagner, modelo 720 de dos estaciones, la una en el puente de gobierno y la otra en el magistral.

La bomba hidráulica será impulsada por motor eléctrico de 3 H.P. Se proveerá el cambio al sistema manual de emergencia.

5.6.3 Sistema eléctrico.-

La embarcación estará equipada por dos grupos generadores con motor propulsor, marca ONAN de 20KW, 60 ciclos a 220/380 voltios, el cual será utilizado para funcionamiento de los equipos auxiliares y alumbrado. Además, habrá un banco de baterías de 24 voltios para el equipo de navegación y electrónico.

El cargador de baterías estará conectado al tablero del puente de gobierno. La electricidad producida por los generadores, irá a un panel eléctrico, donde se distribuirá a los equipos y luces.

5.6.4 Equipo de navegación y electrónico.-

Todo este equipo estará ubicado en el puente de gobierno y consiste en:

1. Consola de gobierno

2. Compás magnético
3. Giro compás y repetidores
4. Reloj marino
5. Radio goniómetro automático
6. Ecosonda
7. Radar de navegación
8. Radio teléfono con seis canales
9. Una antena para banda de 4 a 12 Mg Hz,
otra de 2 a 3 Hg y Hz; y
10. Radio con antena de 23 canales

Luces de navegación (Reglamentarias)

Tendrá las siguientes luces de navegación:

1. Roja y verde
2. Luz del tope (mástil)
3. Luz de popa en el lado posterior del mástil.
4. Luz de ancla
5. Reflector operado desde el puente de gobierno.

5.6.5 Circuito contra incendio.-

Este circuito tendrá una tubería galvanizada de 7.6 mm (3") de diámetro y S CH 80.

La longitud total para succión de este cir-

cuito es de 4.5 m. y la longitud de la tubería de descarga de 28,14 m.

La bomba para accionar el sistema será marca Worthington, tipo D 1000 con cabezal de 23 metros (75 pies), caudal 757 litros/minuto (200 GPM), el impulsor es de bronce de 12,7 cm (5 pulgadas) 5 HP de potencia y 3550 RPM. El diámetro de succión de la bomba es de 7.6 m.m. (3 pulgadas) y la descarga de 3.8 cm. (1 1/2 pulgada).

La bomba tendrá un motor eléctrico marca BALDOR, de 3550 RPM y 5H.P.

Se ha considerado para seleccionar la bomba las pérdidas que puede tener tanto en la tubería como en 20 metros de manguera de 3,8 cm (1 1/2 pulgada) de diámetro.

Además, la embarcación tiene 6 extinguidores de CO₂ de 4,54 Kg cada uno, 2 ubicados en el departamento de máquinas, 2 en los pasillos del entrepuente, 1 en el puente y 1 en el castillo de proa.

Para la producción de espuma líquida (FOAM)

la embarcación utilizará un equipo marca National FOAM modelo RF-20, el cual produce esta solución a razón de 757 litros por minuto (200 GPM). Este equipo tiene un tanque receptor de FOAM concentrado de (275 GPM) 1040 litros por minuto, por lo que se tendrá capacidad de producir FOAM por el tiempo aproximado de 45 minutos.

5.6.6 Circuito de Achique y Sentina.-

Este circuito tiene una tubería galvanizada de 5 cm (2 pulgadas) de diámetro y S CH 80, tiene una longitud de succión de 7,32 m y de descarga de 9,30 m.

La bomba de achique y sentina será de marca Worthington, tipo D800, con cabezal de (38 pies) 11,60 metros y caudal de 190 litros por minuto (50 GPM).

El impulsor es de bronce de 16,5 cm. (6 1/2 pulgadas) de diámetro.

La potencia que necesita la bomba es de 1 H.P. y 1730 R.P.M. El diámetro de succión de la bomba es de 6.3 cm (2 1/2 pulgadas) y

la descarga de 3,8 cm (1 1/2 pulgada).

El motor eléctrico para la bomba será marca BALDOR, de 1 H.P. y 1750 R.P.M.

5.6.7 Circuito de llenado de lastre.-

Este circuito tendrá una tubería galvanizada de 5 cm. (2 pulgadas) y S CH 80 con una longitud de succión de 20.74 m (succionando los dos tanques a la vez) y una longitud de descarga de 7,1 m.

La bomba que será instalada es de la marca Worthington, tipo D800 con cabezal de 10 m (33 pies) y caudal de 378.5 litros por minuto (100 GPM).

La bomba necesita una potencia de 2 H.P. y 1730 R.P.M. El diámetro del impulsor es de 16.5 cm. (6 1/2 pulgadas). El motor eléctrico de la bomba será marca BALDOR, de 2 H.P. de potencia y 1750 R.P.M. —

5.6.8 Circuito de agua dulce.-

Este circuito consta de una red de tuberías galvanizada de 2,54 cm (1 pulgada) de diámetro. Se necesita una bomba marca GOULDS de 0,5 H.P. y 1750 R.P.M. con un caudal de 76 litros por minuto (20 galones por minuto) y 29 (95 pies) de cabezal.

Se utilizará un tanque de presión junto a la bomba, el mismo que tendrá un presostato que dará las señales de arranque y pare a la bomba automáticamente a 1.35 Kg. por cm^3 (20 PSI) y 2,7 Kg. por cm^2 (40 PSI), respectivamente.

5.6.9 Circuito de aguas servidas.-

Consiste de una red de tuberías de 2,54 cm (1 pulgada) de diámetro y S CH 40. La bomba es de la marca GOULDS de 0.5 H.P. y 1750 R.P.M.

El agua salada será succionada desde la línea de enfriamiento de la sala de máquina, por la bomba, hacia un tanque de presión galvanizado de 190 litros (50 galones) de

capacidad, el mismo que constará de un pre-sostato que dará las señales de arranque y pare a la bomba a 135 y 2,70 Kg por cm² (20 y 40 PSI), respectivamente.

5.6.10 Equipo de cocina y menaje.-

Se proveerá de los siguientes elementos:

- Una cocina eléctrica de dos hornillas y horno.
- Lavadero de acero inoxidable
- Refrigeradora portátil
- Anaqueles para guardar los alimentos
- Una vajilla completa con los utensilios de cocina.
- Una mesa con sus respectivas sillas para uso de la tripulación.

5.6.11 Grúa.-

La grúa para operar sobre cubierta, es de marca HIAB545 (hidráulica). La grúa posee una zona de trabajo standard entre 1,7 y 9,8 m. siendo el radio más corto de trabajo de 1.7 m. y el ángulo de giro de 360°, trabajando entre rangos siguientes:

ALCANCE	FUERZA DE ELEVACION
1,7 m	3400 Kg.
2,4 m	2400 Kg.
3,5 m	1640 Kg.
5,0 m	1140 Kg.
6,2 m	900 Kg.
7,1 m	750 Kg.
8,1 m	550 Kg.
9,8 m	280 Kg.

Esta grúa está equipada por un distribuidor de maniobra HIAB-31, por el cual se consiguen movimientos exactos y precisos. El distribuidor lleva incorporado interiormente válvulas de retención pilotadas que permiten la inmovilización exacta de la carga durante largos períodos de tiempo, lo cual es ideal. El distribuidor está equipado también con válvulas reguladoras de presión, incorporadas para cada función, con el objeto de impedir las sobrecargas del sistema hidráulico. Además, la grúa está equipada con válvulas de retención contra rotura de mangueras, que paran automáticamente los movimientos de descenso de los cilindros de elevación.

5.6.12 Equipo de fondeo.-

Anclas, estarán conforme a los requerimientos del A.B.S. La embarcación tiene dos anclas de fondeo tipo PATENTE sin cepo, con un peso de ancla de 140 Kg, cada uno, instalados en proa con sus respectivas cadenas en su escoben correspondiente, además de 1 ancla de reserva, la cual será utilizada en caso de cualquier emergencia.

CADENAS:

De acuerdo a las reglas del A.B.S., se usarán cadenas de leva con concrete grado 1, de 96 mts y 12,5 m.m. de diámetro. La estiba de la cadena será sobre la cubierta principal en el castillo de proa.

CABRESTANTE:

Se instalará dos cabrestantes compuesto de un tambor para cadena de 12.5 m.m., los que estarán ubicados en la proa, siendo su accionamiento del tipo mecánico manual.

ACCESORIOS DE AMARRE:

Tanto en la proa como en la popa, al centro de la embarcación serán ubicadas dos bitas dobles fijas sobre cubierta a babor y estribor.

5.6.13 Equipo de salvataje.-

Se instalará el siguiente equipo de salvataje:

- a) 4 chalecos salvavidas para la tripulación del buque, ubicados convenientemente en los camarotes.
- b) 4 boyas circulares
- c) un bote salvavidas infante automático
- d) un lanza cabos del tipo N° 1, capaz de lanzar una guía de 230 m. como mínimo.
- e) doce señales de socorro tipo sonoros y doce visuales.

CAPITULO VI

COSTO DEL PROYECTO

El costo total del proyecto se lo obtendrá de la suma de todas las partes que consta el Programa General de la Construcción.

6.1 PROGRAMA GENERAL DE LA CONSTRUCCION.-

El programa genral de la construcción se lo ha desglosado en varias partes importantes, ésto se lo a hecho para llevar una planificación de los trabajos que se van a realizar y llevarlos a cabo en el menor tiempo posible.

El programa consta de:

ACTIVIDAD	TIEMPO APROXIMADO DE TRABAJO (meses).	PERSONAL	ACTIVIDAD PREVIA QUE DEBE CONCLUIRSE ANTES DE INICIAR LOS TRABAJOS.
1. Casco	6	3 maestros 6 soldadores 9 ayudantes	
2. Bases de máquinas.	2	1 maestro 2 soldadores	

ACTIVIDAD	TIEMPO APROXIMADO DE TRABAJO (meses)	PERSONAL	ACTIVIDAD PREVIA QUE DEBE CONCLUIR SE ANTES DE INICIAR LOS TRABAJOS
3. Túnel, timón eje, hélices	2	2 maestros 2 ayudantes	
4. Circuitos de tuberías.	2	3 maestros 3 soldadores 3 ayudantes	1,6
5. Sistema de Gobierno.	1 1/2	1 maestro 2 ayudantes	1,6
6. Superestructura.	4	2 maestros 4 soldadores 6 ayudantes	
7. Montaje de motores.	1/2	1 maestro 4 obreros calificados.	2
8. Sistema eléctricos.	2	2 maestros 4 obreros calificados.	4, 6 y 7
9. Habitabilidad.	2	2 maestros 4 ayudantes	4, 8
10. Sistema de recolección del petróleo.	2	1 maestro 1 soldador 2 obreros calificados.	1
11. Montaje de grúa.	1	1 maestro 1 soldador 2 obreros calificados.	1
12. Alineamiento de motores.	1 1/2	1 maestro 3 ayudantes	7, 3
13. Sistema electrónico.	1 1/2	2 personas calificadas.	9
14. Pintura		4 obreros	
15. Pruebas	1/2	Tripulación y Supervisores.	14

Del programa detallado anteriormente, se procede a realizar el cronograma de trabajo, el cual está en la Tabla XIII.

Por lo tanto, del cronograma de trabajo se concluye que la obra se entregará a los 14 meses de iniciados los trabajos, siempre que se cumpla este cronograma, especialmente en lo que se denomina el camino crítico.

6.2 MANO DE OBRA.-

La cantidad de mano de obra con su respectivo costo que se va a necesitar, para llevar a cabo todos los trabajos de la embarcación es la siguiente: (Calculado a diciembre de 1985).

ACTIVIDAD	MANO DE OBRA	SALARIO	TIEMPO DE DURACION (meses)	COSTO
1. Casco	3 maestros	34.000	6	612.000
	6 soldadores	30.000	6	1'080.000
	7 ayudantes	14.300	6	600.600
2. Bases de máquina	1 maestro	34.000	2	68.000
	2 soldadores	30.000	2	120.000
	2 ayudantes	14.300	2	57.200
3. Túnel, timón, eje, hélice.	2 maestros	34.000	2	136.000
	2 ayudantes	14.300	2	57.200
4. Circuitos de tuberías.	3 maestros	34.000	2	204.000
	3 soldadores	30.000	2	120.000
	3 ayudantes	14.300	2	85.800
5. Sistema de gobierno.	1 maestro	34.000	1 1/2	51.000
	2 ayudantes	14.300	1 1/2	42.900
6. Superestructura	2 maestros	34.000	4	272.000
	4 soldadores	30.000	4	480.000
	6 ayudantes	14.300	4	343.200
7. Montaje de motores.	1 maestro	34.000	2	68.000
	2 ayudantes	14.300	2	57.200
8. Sistemas eléctricos.	2 maestros	34.000	2	136.000
	4 obreros calificados.	14.300	2	114.400
9. Habitabilidad	2 maestros	34.000	2	136.000
	4 ayudantes	14.300	2	114.400

ACTIVIDAD	MANO DE OBRA	SALARIO	TIEMPO DE DURACION (meses)	COSTO
10. Sistema de recolección del petróleo.	1 maestro	34.000	2	68.000
	2 obreros calificados.	14.300	2	57.200
11. Montaje de grúa	1 maestro	34.000	1	34.000
	2 obreros calificados.	14.300	1	28.600
12. Alineamiento de motores.	1 maestro	34.000	1 1/2	51.000
	3 ayudantes	14.300	1 1/2	64.350
13. Sistema electrónico.	2 técnicos especialistas	43.000	1 1/2	129.000
14. Pintura	4 obreros	14.300	1	57.200
				5'960.050

6.3 MATERIALES.-

Los costos de los materiales y equipos que van a ser instalados, están basados en valores obtenidos en el mercado de Guayaquil y de la firma marca SEATTLE.

ACTIVIDAD	COSTO
1. <u>Casco</u>	
Planchas y ángulos de acero	6'050.000,00
2 anclas	734.400,00
192 mts, de cadena	153.600,00
2 cabrestantes	120.000,00
Accesorios de amarre	72.000,00
2. <u>Bases de máquinas</u>	
Planchas de acero	220.000,00
3. <u>Túnel, timón, eje, hélices</u>	77.500,00
planchas y ángulos de acero.	
Ejes	300.000,00
Hélices	60.000,00
4. <u>Circuito de tuberías</u>	
Tuberías	393.344,38
Accesorios	1'056.492,68
1 bomba para el sistema de petróleo.	450.000,00
2 bombas hidráulicas de 189,25 litros/min. a 140,6 Kg/cm ² . (50 GPM a 2.000 PSI).	432.000,00
1 bomba manual de aceite	5.400,00
1 bomba manual de combustible	5.400,00
1 bomba de sentina	110.000,00
1 bomba de lastre	110.000,00
1 bomba contra-incendio	150.000,00
1 bomba para agua potable	7.500,00

ACTIVIDAD	COSTO
2 tanques de presión con pre-sostato.	70.000,00
4 tramos de mangueras de 15,24 (50 pies c/u).	33.200,00
4 pitones	12.000,00
6 extinguidores de CO2	6.073,92
1 equipo para producir espuma líquida FOAM.	320.000,00
<u>5. Sistema de gobierno</u>	
1 gobierno electro-hidráulico doble Wagner (incluida la bomba).	340.000,00
1 consola y controles de gobierno.	150.000,00
<u>6. Superestructura</u>	
Planchas y ángulos de acero	1'222.685,20
<u>7. Montaje de motores</u>	
2 motores General Motor 12V71	24'000.000,00
1 matrimonio rígido tipo bridas.	100.000,00
<u>8. Sistema eléctrico</u>	
2 generadores	1'122.000,00
2 bancos de baterías	60.000,00
1 tablero de distribución	200.000,00
Alambres y accesorios	2'122.481,80
<u>9. Habitabilidad</u>	
2 literas dobles	30.000,00
2 armarios de madera	14.000,00
2 mesitas para camarotes	7.000,00
4 sillas de madera	12.000,00
1 servicio higiénico	10.000,00
baños y accesorios	4.000,00
1 lavabo de acero inoxidable	8.000,00
1 lavamanos	3.000,00
1 cocina	40.000,00
1 refrigeradora	70.000,00
anaqueles de cocina	5.000,00
juego de mesa comedor	15.000,00

ACTIVIDAD	COSTO
armario para comedor	8.000,00
juego de utensilios de cocina	12.000,00
juego de vajilla	6.000,00
4 chalecos salvavidas	12.000,00
4 boyas circulares	10.000,00
1 balsa salvavidas	200.000,00
10. <u>Sistema de recolección de petróleo.</u>	
banda	4' 214.000,00
motor hidráulico	680.000,00
correas	24.000,00
2 rodillos	70.000,00
4 cojinetes	12.000,00
11. <u>Grúa</u>	
Grúa	2' 200.000,00
Plancha para reforzar base	22.848,00
12. Alineamiento de motores	
13. <u>Sistema electrónico</u>	
1 consola	150.000,00
1 compás magnético	28.956,00
1 giro compás	
1 reloj	
1 radio	45.000,00
1 ecosonda	180.000,00
1 radar	600.000,00
14. <u>Pintura</u>	
378 litros, base	200.000,00
756 litros anticorrosiva	400.000,00
756 litros acabado	400.000,00

ACTIVIDAD	COSTO
COSTO TOTAL :	
<u>El costo total será igual a:</u>	
Costo por mano de obra	5'960.050,00
Costo por materiales	51'208.578,86
Gastos generales (70% de la mano de obra).	4'172.035,00
COSTO TOTAL	S/.61'340.663,86 =====

6.4 COSTO TOTAL VS. SERVICIOS PRESTADOS.-

Las industrias de los dispersantes para derrames de petróleo, han vendido más de 31.250 millones de sucres desde hace 12 años aproximadamente, sumándole a esta cantidad los costos por pérdida de carga, multas del gobierno y las demandas legales⁽²⁾, los costos totales por derrame de petróleo han llegado al orden de los 125.000 millones de sucres en los últimos 12 años, es decir, aproximadamente 10.416,67 millones de sucres anuales. Viendo estos costos se podría considerar suficiente la justificación de aplicar tecnología y equipo especial para combatir los derrames de petróleo.

Como en nuestro país y en otros países del mundo los derrames se suceden con frecuencia, la embarcación se la ha diseñado para que realice trabajos secundarios, como abastecer a barcos de gran calado, de combustible, agua, alimentos, etc., que lleve a tripulantes desde donde se está fondeando el barco hasta el muelle o viceversa.

Vale mencionar que los valores por los servicios prestados que aquí se escribirán, serán los que se obtengan únicamente de los trabajos secundarios de

la embarcación, ya que si ocurriera en el país un derrame significativo, la embarcación se la pagaría totalmente con las operaciones que la misma realice, recogiendo el petróleo que está en el mar.

De suceder ésto, los valores por servicios prestados, serán ganancias para el armador. El costo total de la embarcación será comparado con los valores por servicios prestados, para conocer en qué tiempo aproximadamente se pagaría la embarcación.

Los valores por los servicios prestados se los obtendrá de multiplicar 5.000 sucres/hora (lo que aproximadamente gana una embarcación que presta servicios portuarios), por 12 horas diarias y por 240 días (tiempo que trabajaría la embarcación al año), menos el 20% de la cantidad que se obtiene, debido a los gastos de operación, como pagar tripulación, mantenimiento, repuestos, etc.). El valor que se obtendría sería de 11.52 millones de sucres anuales, ésto solamente los primeros cinco años, ya que después de este tiempo la embarcación necesita de más gastos de operación, es decir, mayores reparaciones.

Después de los cinco años, los gastos de operación

aumentan al 30% aproximadamente, por lo que el valor neto que se obtendría anualmente por servicios prestados sería igual a 10.08 millones de sucres.

Se ha realizado el siguiente cuadro para 10 años de trabajo:

TIEMPO (Años)	SERVICIOS PRESTADOS (Millones de Sucres)
1	11,52
2	23,04
3	34,56
4	46,08
5	57,80
6	67,68
7	77,76
8	87,84
9	97,92
10	108

Del párrafo anterior de este capítulo se obtuvo que el costo total de la embarcación era de 61'340.663,86 sucres, por lo que se concluiría que la embarcación se pagaría en aproximadamente seis años.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se puede mencionar las siguientes conclusiones:

1. Para conservar la ecología de nuestros mares, así como mantener limpias las playas, el país debe poseer una embarcación descontaminante de este tipo y no esperar que ocurra un derrame de grandes proporciones para adquirir alguna.
2. Tener una de estas embarcaciones operando en el país, le significa un ahorro de divisas, ya que el costo de las sustancias químicas que se utilizan para descomponer el petróleo derramado, son elevados.
3. Del costo total de la embarcación se puede apreciar que la misma al construirse en el país resulta económicamente más ventajoso que una similar comprada en el exterior.
4. La construcción de esta embarcación traería las siguientes incidencias socio-económicas:
 - a) Utilización total de mano de obra nacional, lo que daría lugar a nuevas plazas de trabajo.

- b) Se daría más confianza para realizar nuevas construcciones navales en el país.

- c) Se puede dar la posibilidad de comercializar este tipo de embarcaciones para utilización en otro país.

De llevarse a cabo la construcción de esta embarcación, se debería tener presente las siguientes recomendaciones:

1. Utilizar equipos similares a los seleccionados, los que deben cumplir las especificaciones técnicas referidas en este estudio.

2. Del cronograma de trabajo desarrollado, debe prestarse más atención a las actividades que no tienen mucha tolerancia en lo que respecta al tiempo de duración de las mismas, ya que estos intervalos producirían retrasos en la entrega de la obra.

3. Comprar la gran mayoría de los materiales (si es posible todos), para evitar la elevación de los precios con respecto a lo presupuestado; en caso de devaluaciones durante el período de construcción.

4. La obra debe realizarse en el lugar que preste las mejores condiciones de infraestructura y seguridad para su normal desarrollo.

A P E N I C E

TABLA XIV

CALCULO DE LA POTENCIA EFECTIVA [8], [9], [19]

Eslora entre perpendiculares L = 77,90 pies Viscosidad cinemática $\gamma = 1.1342 \times 10^5 = Ft/2 \text{seg.}$

Manga B = 20.50 " $\alpha_L = 0.00307 \Delta \sqrt{L} = 3.952$

Colado T = 5.41 " $\sqrt{L} = 8.830$

Desplazamiento $\Delta = 145.79 \text{ tons. (L/100)}^3 = 0.473$

Supertur Mojada S = 1812.79 p² $\Delta / (L/100)^3 = 308.40$

Densidad del agua salada $\delta = 1.9887 \frac{\text{Lbs-sec}^2}{F + 4}$ Coeficiente Prismático longitudinal = 0.740
 $B/T = 3.78$

$\frac{V}{\sqrt{L}}$	$10^{-3} Cr$		Correc B/T	Cr Correc $\times 10^{-3}$	$\frac{Rr}{\Delta}$	$Rn \times 10^8$	$Cf \times 10^{-3}$	$\frac{RE}{\Delta}$	$\frac{Rr (Rr-0.8)}{\Delta}$	EHP.coef.	E.H.P.	Velocid
	4.50	5.00										
0.85	4.60	3.75	4.57	4.224	9.37	0.870	2.113	4.192	10.082	3.360	45.57	7.501
0.90	6.60	5.40	6.55	6.704	14.91	0.9213	2.096	4.663	11.859	3.560	69.68	7.947
0.95	9.00	7.50	8.94	9.094	22.55	0.972	2.080	5.157	16.107	3.750	103.90	8.389
1.00	10.75	9.60	10.71	9.754	26.79	1.0237	2.065	5.672	21.652	3.950	128.22	8.830
1.05	11.25	10.60	11.22	11.374	34.43	1.0747	2.051	6.209	50.289	4.150	168.65	9.270
1.10	11.40	10.65	11.37	11.524	38.30	1.1261	2.038	6.773	69.119	4.347	195.93	9.713
1.20	10.80	10.20	10.78	10.934	43.25	1.2285	2.014	7.966	83.882	4.742	242.87	10.586
1.30	10.75	9.90	10.72	10.874	50.48	1.3309	1.9912	9.243	110.625	5.138	329.30	11.779

Del cuadro anterior se determinará, que para una velocidad de 11 nudos la potencia efectiva es 282.42 H.P. Ahora para obtener la potencia requerida, se calcula la potencia al freno (BH), la que está dada por:

$$BHP = \frac{EHP}{\eta_H \eta_r \eta_{rr} \eta_P \eta_s}$$

donde:

- η_H = eficiencia del casco
- η_r = eficiencia del reductor
- η_{rr} = eficiencia relativa rotativa
- η_P = Eficiencia de la hélice
- η_s = eficiencia del eje

La eficiencia del casco está dado por:

$$\eta_H = \frac{1 - t}{1 - \omega}$$

donde:

- t = deducción de empuje
- ω = coeficiente de estela

Para el caso de buque con dos hélices

$$t = 0.70 \omega + 0.06 = 0.70 \times 0.2375 + 0.06 = 0.2263$$

$$\omega = 0.5 C_b - 0.05 = 0.5 \times 0.575 - 0.05 = 0.2375$$

$$\eta_H = \frac{1-0.2263}{1-0.2375} = 1.015$$

Para las demás eficiencias se utilizan valores promedios (5).

$$\eta_r = 0.98$$

$$\eta_{rr} = 1.00$$

$$\eta_p = 0.50 \text{ (asumida)}$$

$$\eta_s = 0.97$$

ahora:

$$\text{BHP} = \frac{282.42}{1,05 \times 0.98 \times 100 \times 0.5 \times 0.97}$$

$$\text{BHP} = 585.41 \text{ HP}$$

$$\text{SHP} = 0.95 \text{ BHP} = 556.14 \text{ H.P.}$$

Con lo cual se justifica el uso de dos motores General Motors 12V-71.

B I B L I O G R A F I A

1. AMERICAN BUREAU OF SHIPPING, "Reglas para la Construcción y Clasificación de buques de acero de eslora inferior a 61 m.", New York, 1973.
2. BIANCHI, R. "The economics of soil spill cleanup", Vol. 18, Nº 4, Marine Technology, New York, (Octubre, 1981) Pág. 335, 441.
3. CAMPAÑA N., "La contaminación marina por petróleo y/o derivados en el Ecuador, prevención, control y descontaminación". ESPOL, Organización de los Estados Americanos, Tomo II, Guayaquil, 1978, Pág. 193-231.
4. D'ARCANGELO, A., "Ship Design and construction". SNAME, New York, 1969, Pág. 37-78.
5. DIMITRI ANANIEV, "Teoría y Selección de propulsores", ESPOL, Guayaquil, 1975.
6. DOMINGUEZ, M., "Cálculo de estructuras de buques". ETSIN, Madrid, 1969, Pág. 42-52.

7. FOX & MACDONALD, "Introduction to fluid mechanics", John Wiley & Son, New York, Pág. 354-483.
8. GARCIA-DONCEL R. BALDOMERO., "Teoría del Buque", ISBN, Tomo III, Cadiz, 1972.
9. GULDHAMMER H.E. y HARVALD Su.Aa., "Resistencia a la marcha de Buques". Capenhagen 1965.
10. INOCAR, "Atlas metereológico del litoral ecuatorial". INOCAR, Guayaquil, 1975.
11. INOCAR, "Tablas de mareas y datos astronómicos del sol y la luna", INOCAR, Guayaquil, 1985.
12. KARASSIK I., KRUTZSCH W., FRASER W., MESSINA J., "Manual de bombas", Mc Graw-Hill, México, 1983.
13. MANDELLI A., "Elementos de Arquitectura Naval", ALSINA, Buenos Aires, 1969, Págs. 1-45.
14. MOYA C., "Equipos y servicios", España, 1977 VI, Págs. 40.
15. PAREDES R., "Preservación ambiental en la industria petrolera", CEPE, Guayaquil, 1982.

16. PIZARRO Y VERGARA, "Manual sobre control de contaminación", Naciones Unidas, Santiago de Chile, 1981, Pág. 6-1 a la 6-28.
17. SALVAT EDITORES, "Contaminación marina", Vol 4. SALVAT EDITORES, Navarra, 1980, Pág. 154-165.
18. SNAME, "Principles of naval architecture", New York, 1967, 133 p.
19. TODD F.H., "Tables of coefficients for AT.T.C. Model-Ship correlation and Kinematic Viscosity and Density of Fresh and ^{or} Salt water", SNAME, New York, 1970.
20. VACA B., "Apuntes de Arquitectura Naval", ESPOL, Guayaquil, 1976.