



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

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

## **“ANÁLISIS DE ESFUERZOS EN EL ALARGAMIENTO DE UN BUQUE ATUNERO DE 37 METROS. EMPLEADO EL METODO DE ELEMENTOS FINITOS”**

**TESIS DE GRADO**

**Previa la obtención del Título de:**

**INGENIERO NAVAL**

**Presentado por:**

**Luis Sandrino Potes Marín**

**GUAYAQUIL - ECUADOR**

**Año: 2010**

## **AGRADECIMIENTO**

Expreso un agradecimiento especial para mi Director de tesis, el Dr. José R. Marín López, por su apoyo, colaboración y sobre todo su amistad dada durante el desarrollo del presente trabajo, a todos los profesores de la ESPOL y en especial a los de la carrera de Ingeniería Naval por impartirme sus sabios conocimientos, y a todos mis compañeros de aula con los cuales se compartió momentos de estudios y de alegría durante mi transcurso en la universidad.

## DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a Dios, a mi hijo, esposa, a mis padres, hermanos y a toda mi familia por toda la ayuda que me han dado para poder culminar esta etapa de mi vida. A todos mis amigos de clases por los agradables momentos durante los años de estudio y amigos de trabajo por los momentos compartidos.

## DECLARACIÓN EXPRESA

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

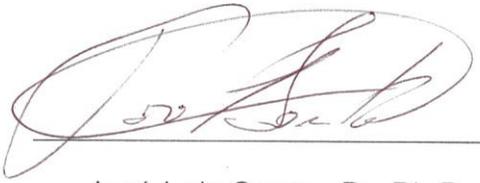
(Reglamentos de Exámenes y Títulos Profesionales de la ESPOL)



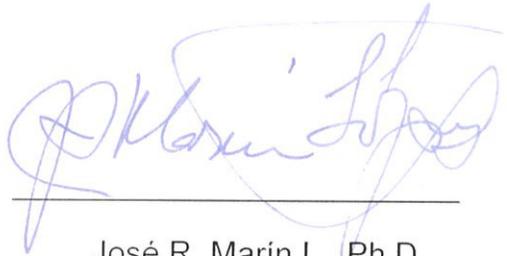
---

Luis Sandrino Potes Marín

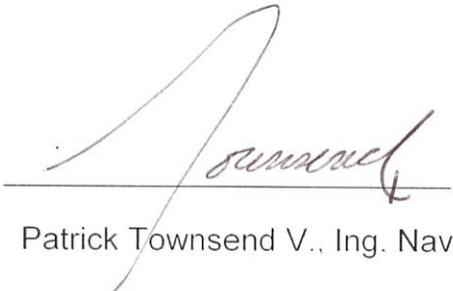
TRIBUNAL DE GRADO



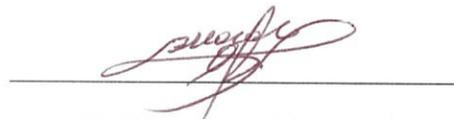
José Luis Santos D., Ph.D.  
PRESIDENTE DE TRIBUNAL



José R. Marín L., Ph.D.  
DIRECTOR DE TESIS



Patrick Townsend V., Ing. Naval  
MIEMBRO PRINCIPAL



Bolívar Vaca R., Ing. Naval  
MIEMBRO ALTERNO

## RESUMEN

El buque atunero B/P Doña Maruja fue alargado, alcanzando finalmente 45.50 metros eslora, insertando un bloque en Sección Media, alcanzando un aumento notorio en su capacidad de pesca y combustible. Para analizar los niveles de esfuerzo en el bloque insertado, se preparó un modelo estructural de 16.90 m, utilizando el programa SAP2000 que aplica el Método de Elementos Finitos, incluyéndose al bloque de 7.0 m que se insertó en el buque. Todos los estructurales y detalles del modelo se los modeló con elementos planos, utilizándose 7902 elementos "Shell", a los cuales se les disminuyó 1.5 mm en el espesor original para considerar el desgaste por la corrosión.

Se analizó el bloque en dos condiciones de operación de la embarcación: salida de puerto con las bodegas llenas, y, salida de puerto con las bodegas vacías. Se ha considerado un aumento en 20% en la presión hidrostática para considerar el efecto Dinámico. Las secciones extremas del modelo se restringieron como simplemente soportadas, permitiendo a una de ellas el movimiento longitudinal, considerando que dadas las distancias al bloque insertado, estos soportes afectarán limitadamente mucho la distribución de esfuerzos real.

Se analizaron los esfuerzos para las dos condiciones de carga, concluyendo que los esfuerzos en el planchaje del fondo alcanzan valores extremos en dirección del eje corto, pero no exceden el esfuerzo de fluencia. Los esfuerzos en las alas de las bulárcamas son elevados, y sus distribuciones se asemejan al de una viga cargada con extremos empotrados; los esfuerzos también están por debajo del límite de fluencia. Los esfuerzos que se desarrollan en los mamparos longitudinales y transversales son de bajo valor. Los esfuerzos en la conexión de la quilla original con la del bloque insertado desarrolla esfuerzos muy bajos, debido al sobre dimensionamiento del escantillado, para las condiciones de carga aquí analizadas.

## INDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
RESUMEN.....	VI
ÌNDICE GENERAL.....	VIII
ABREVIATURAS Y SÌMBOLOS.....	XII
ÌNDICE DE TABLAS.....	XVI
ÌNDICE DE FIGURAS.....	XIX
INTRODUCCION.....	1

### **CAPITULO 1**

#### **NECESIDADES Y REQUERIMIENTOS PARA EL ALARGAMIENTO DE UN BUQUE ATUNERO.**

1.1	Necesidades del armador para alargar la embarcación .....	4
1.2	Características principales de la embarcación .....	5
1.3	Descripción del Bloque a insertar .....	12
1.4	Escantillonado del Bloque .....	16

## **CAPITULO 2**

### **MODELIZACIÓN DEL BLOQUE A INSERTAR EN SECCIÓN MEDIA DEL BUQUE.**

2.1	Desarrollo del Bloque en AutoCAD .....	25
2.2	Desarrollo del Bloque en SAP 2000 .....	31
2.3	Cálculo de las Cargas .....	38
2.4	Definición de las Restricciones .....	41

## **CAPITULO 3**

### **RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE ESFUERZOS.**

3.1	Análisis de esfuerzos en el Planchaje del fondo .....	45
3.2	Análisis de esfuerzos en las Bulárcamas .....	51
3.3	Análisis de esfuerzos en los Mamparos Longitudinal y Transversal.....	57
3.4	Análisis de los esfuerzos en Zona de Conexión .....	61

<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>64</b>
--------------------------	-----------

<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>67</b>
-----------------------------	-----------

**ANEXO A**

DETERMINACIÓN DE LA LONGITUD DEL BLOQUE ..... 68

**ANEXO B**

PLANO DE LÍNEAS DE FORMAS DEL BP DOÑA MARUJA..... 70

**ANEXO C**

PLANO DE DISTRIBUCIÓN GENERAL ANTES DEL ALARGAMIENTO..... 71

PLANO DE DISTRIBUCIÓN GENERAL DESPUÉS DEL ALARGAMIENTO..... 72

**ANEXO D**

PLANO ESTRUCTURAL FINAL DE LA EMBARCACIÓN DEL BP DOÑA MARUJA..... 73

**ANEXO E**

PLANO DE CAPACIDADES DE LOS TANQUES DEL BP DOÑA MARUJA..... 74

**ANEXO F**

AUMENTO DE CAPACIDADES EN LAS BODEGAS..... 75

**ANEXO G**

CÁLCULOS DE CALADOS PARA LAS CONDICIONES DE CARGA 76

**ANEXO H**

CÁLCULO DE ESFUERZOS APLICANDO LA TEORÍA DE  
PLANCHA DE TIMOSHENKO..... 80

**BIBLIOGRAFÍA..... 81**

**ABREVIATURA Y SIMBOLOS**

"	Pulgadas
mm	Milímetros
cm	Centímetro
m	Metro
Ton	Toneladas
Gal	Galones
°C	Grados Centígrados
$cm^2$	Centímetro Cuadrado
$m^2$	Metro Cuadrado
$m^3$	Metro Cúbicos
MEF	Método de Elementos Finitos
$\sigma_{max,min}$	Esfuerzo principales
$\sigma_1$	Esfuerzo local en dirección X
$\sigma_2$	Esfuerzo local en dirección Y
S11	Esfuerzo en la cara 1 del elemento plano en la

	Dirección del eje local 1.
S22	Esfuerzo en la cara 2 del elemento plano en la Dirección del eje local 2
F11	Fuerza interna en la cara 1 del elemento plano en la Dirección del eje local 1.
F22	Fuerza interna en la cara 2 del elemento plano en la Dirección del eje local 2.
SMAX	Esfuerzo desarrollado en la plancha
$\frac{Tonf}{cm^2}$	Tonelada fuerza por centímetro cuadrado
Max	Máximo
Min	Mínimo
Pr	Proa
Pp	Popa
Eb	Estribor
Bb	Babor
B	Manga
D	Puntal

LCG	Posición longitudinal del centro de gravedad
VCG	Posición vertical del I centro de gravedad
L	Eslora
T	Calado
t	Espesor de la plancha
$C_B$	Coefficiente bloque
$C_W$	Coefficiente de plano de agua
$C_X$	Coefficiente de Sección Media
$C_{PL}$	Coefficiente prismático longitudinal
SHC80	Cédula 80
M	Momento flector
$\beta$	Razón de esbeltez de la plancha
q	Carga uniformemente distribuida
a	Lado corto de la plancha
SAP	Structural Analysis Program
BP	Buque Pesquero

SHCP	Ship Hull Characteristic Program
Shell	Elemento plancha
Top	Cara superior de la plancha
Bot	Cara inferior de la plancha

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pag.</b>
<b>Tabla I.</b> Característica principales y Coeficientes de formas en la condición de cargado .....	6
<b>Tabla II.</b> Dimensiones de las estructuras del casco de la construcción original .....	10
<b>Tabla III.</b> Dimensiones de las bodegas de pesca luego del alargamiento .....	13
<b>Tabla IV.</b> Espaciamiento entre cuadernas en el bloque insertado .....	14
<b>Tabla V.</b> Dimensiones de las estructura del casco en el bloque .....	19
<b>Tabla VI.</b> Escantillones de los estructurales del parque de pesca .....	23
<b>Tabla VII.</b> Tabla comparativa de la capacidad de combustible antes y después del alargamiento .....	69
<b>Tabla VIII.</b> Capacidades en las bodegas de pesca antes y después del alargamiento .....	75
<b>Tabla IX.</b> Número de nodos y elementos del modelo .....	32
<b>Tabla X.</b> Detalle de pesos a bordo de la embarcación para la condición 1 .....	76
<b>Tabla XI.</b> Detalle de pesos a bordo de la embarcación para la	78

	condición 2 .....	
<b>Tabla XII.</b>	Esfuerzos locales en el centro del panel del fondo, condición 1.....	46
<b>Tabla XIII.</b>	Esfuerzos locales en el borde del panel de plancha del fondo, condición 1.....	46
<b>Tabla XIV.</b>	Esfuerzos locales en el centro del planchaje del fondo, condición 2 .....	47
<b>Tabla XV.</b>	Esfuerzos locales en el borde del planchaje del fondo, condición 2.....	47
<b>Tabla XVI.</b>	Esfuerzos S22 (dirección transversal) en el centro de la plancha .....	49
<b>Tabla XVII.</b>	Esfuerzos S22 (dirección transversal) en el borde de la plancha .....	50
<b>Tabla XVIII.</b>	Cálculos de los esfuerzo por la Teoría de Plancha de Timoshenko, [14].....	51
<b>Tabla XIX.</b>	Esfuerzos locales en el ala en Bulárcama 25, Condición 1.....	52
<b>Tabla XX.</b>	Esfuerzos locales en el ala en Bulárcama 22, Condición 1.....	53
<b>Tabla XXI.</b>	Esfuerzos locales del ala en Bulárcama 25, Condición 2.....	54
<b>Tabla XXII.</b>	Esfuerzos locales del ala en Bulárcama 22,	54

	Condición 2.....	
<b>Tabla XXIII.</b>	Comparación de las Fuerzas en la Bulárcama 25	55
<b>Tabla XXIV.</b>	Comparación de las Fuerzas en la Bulárcama 22	55
<b>Tabla XXV.</b>	Esfuerzos en mamparo longitudinal en condición 1	58
<b>Tabla XXVI.</b>	Esfuerzos en mamparo longitudinal en condición 2	58
<b>Tabla XXVII.</b>	Esfuerzos en el Mamparo 24 en condición 1 .....	60
<b>Tabla XXVIII.</b>	Esfuerzos y Fuerzas locales en condición 1 .....	63
<b>Tabla XXIX.</b>	Esfuerzos y Fuerzas locales en condición 2 .....	63
<b>Tabla XXX.</b>	Valores de Esfuerzos en la plancha por la Teoría de Timoshenko .....	80

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pag.</b>
<b>Figura 1.</b> B/P Doña Maruja, antes de ser alargado .....	7
<b>Figura 2.</b> B/P Doña Maruja, en su eslora total después del alargamiento .....	7
<b>Figura 3.</b> Plano de Líneas de Formas del B/P Doña Maruja	70
<b>Figura 4.A.</b> Plano de Distribución General antes del alargamiento	71
<b>Figura 4.B.</b> Plano de Distribución General después del alargamiento.....	72
<b>Figura 5.A.</b> Estructurales en la Sección Maestra del bloque insertado.....	11
<b>Figura 5.B.</b> Plano estructural final de la embarcación del B/P Doña Maruja.....	73
<b>Figura 6.</b> Plano de capacidades de los tanques del B/P Doña Maruja.....	74
<b>Figura 7.A.</b> Sección transversal de la cuaderna maestra del bloque.....	12
<b>Figura 7.B.</b> Desplazamiento de las mitades, en el área donde se inserto el bloque.....	13
<b>Figura 8.</b> Vista de perfil de las bodegas de pesca.....	15
<b>Figura 9.A.</b> Estructurales del bloque.....	17
<b>Figura 9.B.</b> Sector donde se insertó el bloque.....	17

<b>Figura 9.C.</b>	Vista en planta de la cubierta superior de la embarcación.....	18
<b>Figura 10.A.</b>	Estructurales de los mamparos en el bloque insertado	20
<b>Figura 10.B.</b>	Estructurales de cuadernas y planchaje del casco .....	21
<b>Figura 11.A.</b>	Baos de la cubierta superior en el parque de pesca....	22
<b>Figura 11.B.</b>	Bocas de escotillas de las bodegas de pesca que se añadió.....	22
<b>Figura 12.</b>	Área transversal de las bodegas de pesca en la cuaderna 23.....	68
<b>Figura 13.</b>	Sistema de referencia global.....	25
<b>Figura 14.</b>	Plano 3D del planchaje de fondo y costado con las cuadernas.....	26
<b>Figura 15.</b>	Anillos de cuadernas y refuerzos longitudinales.....	27
<b>Figura 16.</b>	Cuadernas estructurales del modelo desarrollado....	28
<b>Figura 17.</b>	Mamparos longitudinales que dividen bodegas de pesca de Babor y Estribor.....	29
<b>Figura 18.</b>	Mamparo 24 con sus refuerzos verticales tipo ángulo	29
<b>Figura 19.</b>	Planchaje del casco y varengas.....	30
<b>Figura 20.</b>	Forro interior de las bodegas de pesca.....	31
<b>Figura 21.</b>	Modelo Estructural del bloque en el programa SAP2000.....	32
<b>Figura 22.</b>	Estructurales de la bodega modelado con elementos	34

	planos.....	
<b>Figura 23.</b>	Orientación de los ejes locales en el forro interior de las bodegas y planchaje exterior del casco.....	35
<b>Figura 24.</b>	Estructurales del fondo del modelo.....	36
<b>Figura 25.</b>	Modelo del forro interior de las bodegas de pesca.....	36
<b>Figura 26.A.</b>	Cuaderna maestra.....	37
<b>Figura 26.B.</b>	Conexión de la quilla original con la quilla nueva del bloque añadido.....	37
<b>Figura 26.C.</b>	Conexión real de la quilla original con la del bloque añadido.....	38
<b>Figura 27.A.</b>	Distribución de la presión hidrostática efectiva en el exterior el casco.....	39
<b>Figura 27.B.</b>	Distribución de la presión hidrostática efectiva en interior de las bodegas.....	40
<b>Figura 28.</b>	Presión en el planchaje del casco y las bodegas vacías.....	41
<b>Figura 29.</b>	Restricciones en los nodos extremos del modelo analizado.....	42
<b>Figura 30.</b>	Restricciones en la Cuaderna 18.....	42
<b>Figura 31.</b>	Restricciones en la Cuaderna 35.....	43
<b>Figura 32.</b>	Esfuerzo en dirección transversal del Planchaje del fondo, en condición 1.....	45

<b>Figura 33.</b>	Esfuerzos S22 en el fondo condición 2, $\frac{t}{cm^2}$ .....	48
<b>Figura 34.</b>	Esfuerzos en el eje X, para las 2 condiciones de cargas.....	49
<b>Figura 35.</b>	Variación de los esfuerzos en el eje X para las dos condiciones de cargas analizadas.....	50
<b>Figura 36.</b>	Nodos analizados en la Cuaderna 25	52
<b>Figura 37.</b>	Esfuerzos S22 (dirección transversal) en la Bulárcama 25.....	53
<b>Figura 38.</b>	Fuerzas internas en las 2 condiciones, Bulárcama 25	56
<b>Figura 39.</b>	Fuerzas internas en las 2 condiciones, en Bulárcama 22.....	56
<b>Figura 40.</b>	Nodos y ejes locales en el mamparo longitudinal	57
<b>Figura 41.</b>	Niveles de esfuerzo de Fuerza interna en la conexión con el mamparo transversal en condición 1 .....	59
<b>Figura 42.</b>	Nodos de referencia y ejes locales en el Mamparo 24.	60
<b>Figura 43.</b>	Niveles de Esfuerzo S11 (dirección transversal).....	61
<b>Figura 44.</b>	Esfuerzos en la conexión de las quillas original y nueva.....	62
<b>Figura 45.</b>	Niveles de Fuerza en el plano, F11 (dirección longitudinal) en la conexión de la quilla original con la actual.....	63
<b>Figura 46.</b>	Planchaje del fondo con sus 4 bordes empotrados.....	80

## **INTRODUCCIÓN**

En la actualidad los armadores de embarcaciones atuneras de nuestro medio, ejecutan proyectos de alargamiento de sus embarcaciones, insertando bodegas intermedias y en otros casos bodegas en el parque de pesca. De esta forma pueden llevar una mayor cantidad de combustible en sus tanques y bodegas de carga, de manera que les permita tener una mayor autonomía, dado que sus faenas de pesca son más largas porque la pesca cada día se encuentra más lejos. Además también pueden aprovechar los equipos y accesorios con los que cuenta la embarcación, para obtener un mayor rendimiento de los mismos. Finalmente también algunas de estas embarcaciones presentan problemas de reserva de flotación, en la condición cargado de regreso a puerto, lo que puede resolverse con un alargamiento de la embarcación.

Con frecuencia el desarrollo de estos proyectos se basa en experiencia del ingeniero proyectista, y no se conoce que se haya desarrollado en el medio análisis de la estructura del bloque a instalar para alcanzar el alargamiento de buques pesqueros, [1]. Por ello se considera útil el desarrollar un análisis estructural correspondiente a un proyecto ya ejecutado. El análisis debe utilizar el método de Elementos Finitos, debido a la complejidad geométrica del sistema y de las cargas aplicadas, [2]. Además, dado que se trata de

una embarcación menor, se podría analizar únicamente los niveles de esfuerzos en el bloque a insertar, y aplicar una distribución de esfuerzos primarios correspondientes a la flexión de la viga buque, [4]. Finalmente, dado que en ciertos casos se puede emplear diferentes tipos de cuadernaje en el bloque respecto de la estructura original, sería beneficioso para el medio, conocer los niveles de esfuerzos locales que se alcanza en estas regiones.

## **CAPÍTULO 1**

### **Necesidades y Requerimientos para el Alargamiento de un Buque Atunero.**

En el presente capítulo se describen algunas necesidades de los armadores pesqueros de nuestro medio para ejecutar proyectos de alargamiento, y, los requerimientos que debe cumplir una embarcación para poder ser alargada. Luego se describen las características generales de la embarcación atunera Doña Maruja, incluyendo una descripción general del modelo del bloque de 7.0 m que se añadió en Sección Media. Finalmente se presentan los escantillones del bloque insertado.

### **1.1 Necesidades del armador para alargar la embarcación.**

Las necesidades que tenía el armador, [9], para ejecutar el alargamiento del buque atunero Doña Maruja eran:

- Las faenas de pesca del atún están cada vez más lejos, y la embarcación necesita de mayor autonomía para cumplirlas. Con el aumento en la capacidad de sus bodegas, se genera un mayor ingreso para la empresa que justifica el mayor gasto de combustible.
- El armador necesita que la embarcación lleve una capacidad de 65.000 galones de combustible para una faena de pesca de 2 meses de duración, que requiere la maquinaria para su consumo. En el Anexo A, se muestra la determinación de la longitud del bloque a insertar y el aumento en la capacidad de combustible para alcanzar dicho requerimiento.
- El armador desea cubrir la capacidad del cupo de pesca asignado a la embarcación ( $470 m^3$ ). Esta capacidad es cubierta con las bodegas bajo cubierta principal ( $409.26 m^3$ ) y complementando con la confección de 2 bodegas a popa del parque de pesca ( $55.10 m^3$ ). En el apéndice 1.2 se muestran las capacidades de las bodegas antes y al final del proyecto.

### **Requerimientos del Buque en Proyecto de Alargamiento.**

En general, para ejecutar un proyecto de alargamiento de un buque se requiere considerar los siguientes detalles técnicos de la embarcación:

- Planos del buque: de Líneas de Formas, de Distribución general, Estructural, de Circuitos, y, de Línea Propulsora.
- Se requiere que los equipos y maquinarias con los que cuenta la embarcación, puedan desarrollar su operación en las nuevas condiciones de las faenas de pesca, sin desmejorarlas.
- La embarcación debe mantenerse en el rango de la relación Eslora/Manga de buques pesqueros ( $4 < \frac{L}{B} < 6$ ). Para la embarcación analizada incluyendo el alargamiento esta relación es  $\frac{45.50 \text{ m}}{9 \text{ m}} = 5.06$ , cumpliendo con el rango establecido para estos buques.

### **1.2 Características principales de la embarcación.**

En este subcapítulo se presentan las características principales originales y finales de la embarcación analizada, y se hace una descripción del alargamiento en los planos presentados. Finalmente se presentan tablas comparativas de las capacidades de combustible y las bodegas de pesca originales con las finales.

### Descripción general de la embarcación en proyecto.

La Tabla N° I, presenta las dimensiones principales de la embarcación al iniciar el proyecto de alargamiento, en el que se insertó en Sección Media un bloque de 7.0 m de longitud. En la última columna de la misma tabla se presentan las dimensiones finales de la embarcación al terminar el proyecto de alargamiento. La manga y el puntal no cambian, incrementándose notablemente el calado y el desplazamiento.

<b>Característica</b>	<b>Antes (m)</b>	<b>Actual (m)</b>
Eslora total	37.19	45.50
Eslora entre PP	32.89	38.80
Eslora en L.A.D	34.85	43.44
Manga	09.00	09.00
Puntal a cubierta principal	04.66	04.66
Calado de diseño	04.00	04.50
Desplazamiento cargado	765.8	1080.93
Coeficiente bloque ( $C_B$ )	0.568	0.579
Coeficiente de plano de agua( $C_W$ )	0.813	0.841
Coeficiente de sección media( $C_X$ )	0.819	0.783
Coeficiente prismático longitudinal( $C_{PL}$ )	0.694	0.739

Tabla I.- Características principales y Coeficientes de formas en la condición de cargado.

En las Figuras 1 y 2 se muestra la embarcación antes y al final del proyecto de alargamiento.



Figura 1.- B/P Doña Maruja, antes de ser alargado



Figura 2.- BP Doña Maruja, en su eslora total después del alargamiento.

### **Descripción de los Planos de la embarcación.**

A continuación se presenta los planos finales de la embarcación después de insertar el bloque de 7.0 m en Sección Media, haciendo una descripción de cada uno de ellos.

#### **Plano de Líneas de formas**

En el plano presentado en la Anexo B, se observa que la embarcación cuenta con dos chinás. En la vista de perfil se nota que el buque cuenta con una cubierta principal y una superior, teniendo en Proa la rampa para la panga. En la vista en planta se visualizan los planos de agua y las cubiertas, teniendo en Sección Media la manga máxima. En esta posición longitudinal, a la altura de la cuaderna 23 se observa el bloque que se insertó.

#### **Plano de Distribución General**

Ver Anexo C, en la Figura 4.A se presenta la distribución original y en la Figura 4.B la distribución final del buque luego del alargamiento. En la vista en planta de la cubierta principal, a proa se muestra el pañol de proa, gambuzas, acomodaciones de la tripulación, escotillas de las bodegas de pesca y bodegas del parque de pesca, a popa se encuentra el cuarto de equipo de frío. La vista en planta de la cubierta superior incluye el puente de mando, comedor y cocina, la ubicación de los equipos de maniobra, winche principal, pescantes, winche de retenida, mástil, tangones, cubierta de red de

pesca y rampa. La vista de planta del fondo muestra la distribución de tanques de agua y combustible, bodegas de pesca, sala de máquinas y cuarto del servomotor. Finalmente se tiene la vista de perfil presentando la disposición general sobre la banda de estribor. Debe mencionarse que esta embarcación tiene propulsión con 2 motores principales cada uno de los cuales impulsa una hélice propulsora.

### **Plano Estructural.**

Del Plano Estructural inicial de la embarcación de acero naval se determina que su construcción es de tipo longitudinal, con separación entre cuadernas de 762 mm, formando el anillo de cuaderna estructural con perfiles tipo L, reforzadas con platinas longitudinales en fondo, costado y cubierta. La estructura cuenta con dos mamparos longitudinales que forman el túnel y separan las bodegas de pesca de babor y estribor. A proa se encuentra el "Fore Peak", tanque combustible diario y sala de máquinas. En la zona central de la embarcación se encuentran las 5 bodegas de pescas en ambas bandas separadas por 4 mamparos transversales. A popa en la sala de compresores se encuentra un mamparo transversal que divide los tanques, ver Anexo D. En la Tabla II, se muestran las dimensiones de los estructurales de la construcción original de la embarcación.

<b>Descripción</b>	<b>Tipo de estructural</b>	<b>Dimensiones (mm)</b>
Cuadernas	Ángulo	127 x 76.2 x 9.5
Baos	Ángulo	127 x 76.2 x 9.5
Varengas entre túnel	T	406.4 x 76.2 x 9.5
Zapata de la quilla	Platina	152.4 x 19
Quilla	T	203.2 x 12.7 x 76.2 x 9.5
Longitudinales de fondo	Platina	76.2 x 6.35
Longitudinales de cubierta	Platina	76.2 x 6.35
Planchaje de fondo	Plancha	9.5
Planchaje de costado	Plancha	7.95
Planchaje de cubierta	Plancha	7.95
Mamparos longitudinales	Plancha	7.95
Mamparo transversal	Plancha	7.95
Refuerzos de mamparos	Ángulo	127 x 76.2 x 9.5
Chinas	Varilla	38.1

Tabla II.- Dimensiones de las estructuras del casco de la construcción original.

De la referencia [10], en la Figura 5.A, se presenta el detalle de la Sección Maestra que corresponde a la cuaderna 25, del bloque que se insertó. Nótese que la quilla tiene en esta zona 304.8 m de altura.

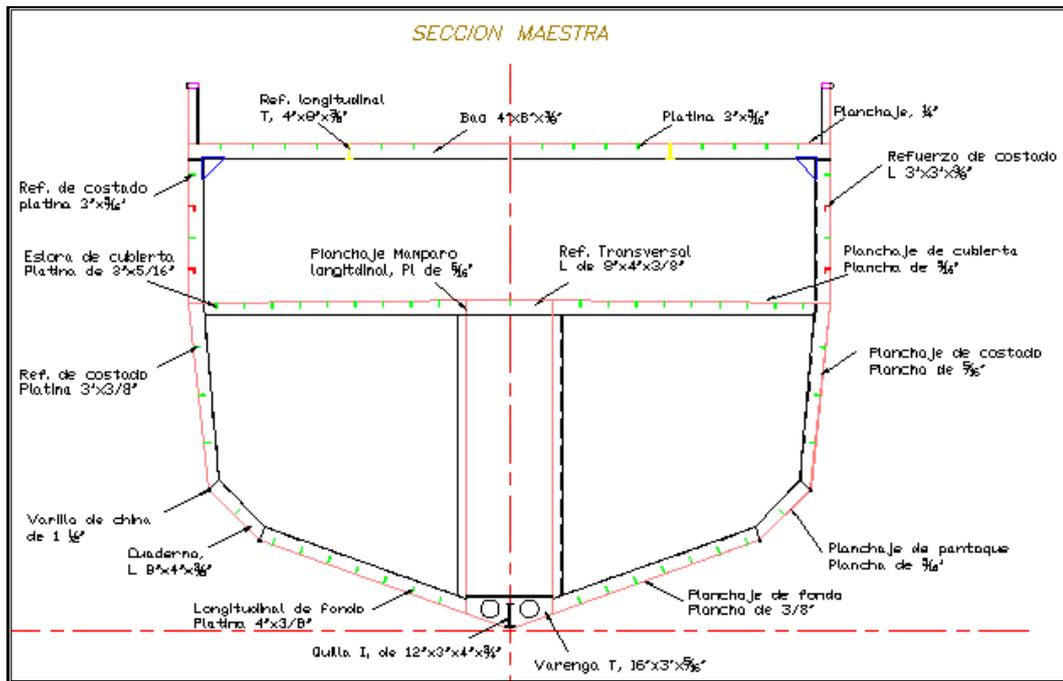


Figura 5.A.- Estructurales en la Sección Maestra del bloque insertado, [10].

### Plano de Capacidades

De la referencia [9], ver Anexo E en la Figura 6 que presenta la ubicación de los diferentes tanques a bordo de la embarcación. En el Anexo F se describen las capacidades finales de los tanques y bodegas de pesca. Adicionalmente se muestran tablas comparativas de las capacidades originales y finales que se obtuvieron. Es notable el aumento en la cantidad de combustible con la que sale la embarcación y la capacidad total de las bodegas de pesca.

### 1.3 Descripción del Bloque a insertar.

La forma de la sección transversal del bloque a insertar es tomada de la sección donde se realizó el corte. En el plano de líneas formas esta sección transversal de máxima manga corresponde a la cuaderna 23, Figura 7.A y 7.B. El cuerpo geométrico del bloque tiene sección transversal constante, y las siguientes dimensiones: longitud de 7.0 m, manga de 9.0 m, puntal a la cubierta principal de 4.66 m, y, puntal a la cubierta superior 6.86 m.

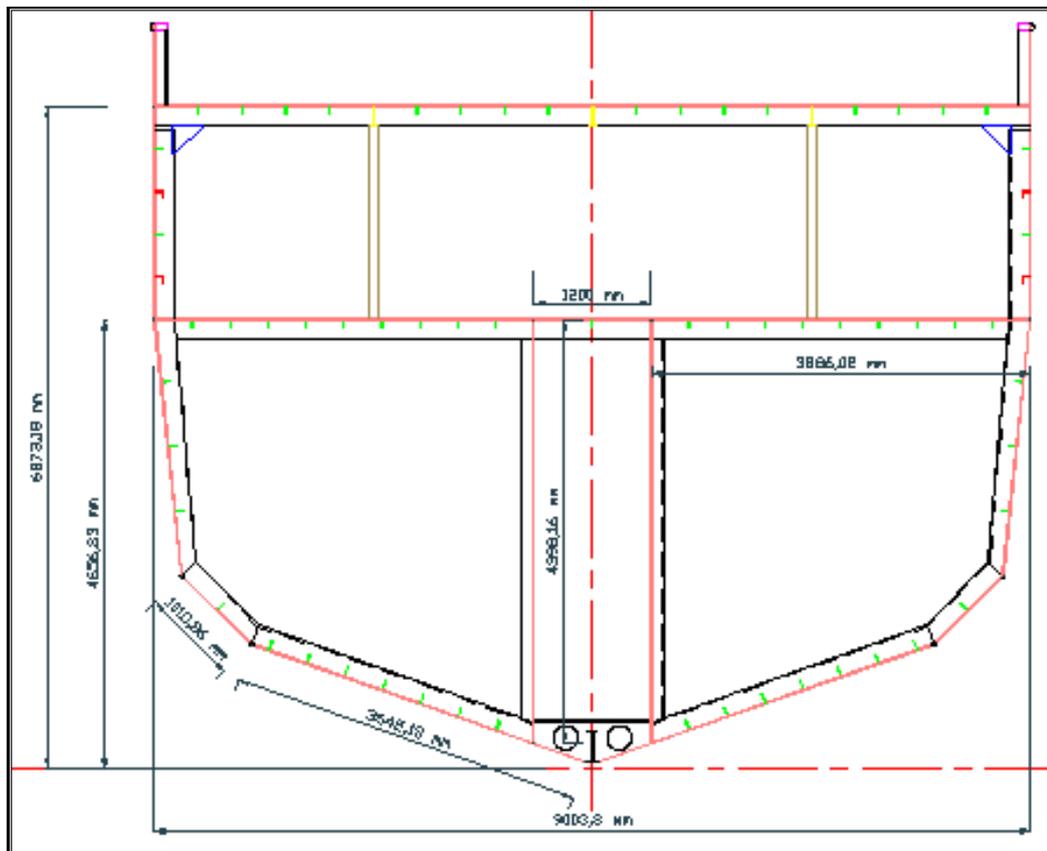


Figura 7.A. Sección transversal de la cuaderna maestra del bloque.



Figura 7.B. Desplazamiento de las mitades, en el área donde se insertó el bloque.

Con el bloque insertado se aumentaron 2 bodegas de carga por cada banda, separadas por los mamparos transversales y mamparos longitudinales que conforman el túnel entre bodegas. En la Tabla III se describen las dimensiones máximas de las bodegas de pesca, las que se ubican debajo de la Cubierta Principal.

<b>Descripción</b>	<b>Longitud (m)</b>	<b>Manga (m)</b>	<b>Puntal (m)</b>
Bodegas 1	3.22	3.55	3.95
Bodegas 2	3.29	3.55	3.95
Bodegas 3	3.60	3.55	3.95
Bodegas 4	3.60	3.55	3.95
Bodegas 5	6.58	3.55	3.80

Tabla III.- Dimensiones de las bodegas de pesca luego del alargamiento.

En la Tabla IV, se detallan los espaciamientos entre cuadernas y mamparos alrededor de la zona del bloque. La unión del bloque de proa con el intermedio se realizó en la cuaderna 23 y el bloque de popa con el intermedio se realizó entre las cuadernas 27 y 28, ver Figura 8.

<b>Descripción</b>	<b>Espaciamiento (mm)</b>	<b>El. estructural</b>
Cuadernas 22 - 23	762.00	Cuaderna
Cuadernas 23 – 24	1193.8	Mamparo
Cuadernas 24 - 25	1778.0	Bulárcama
Cuadernas 25 – 26	1778.0	Mamparo
Cuadernas 26 – 27	1778.0	Bulárcama
Cuadernas 27 - 28	1193.8	Cuaderna
Cuadernas 28 - 29	762.00	Cuaderna

Tabla IV.- Espaciamiento entre cuadernas en el bloque insertado.

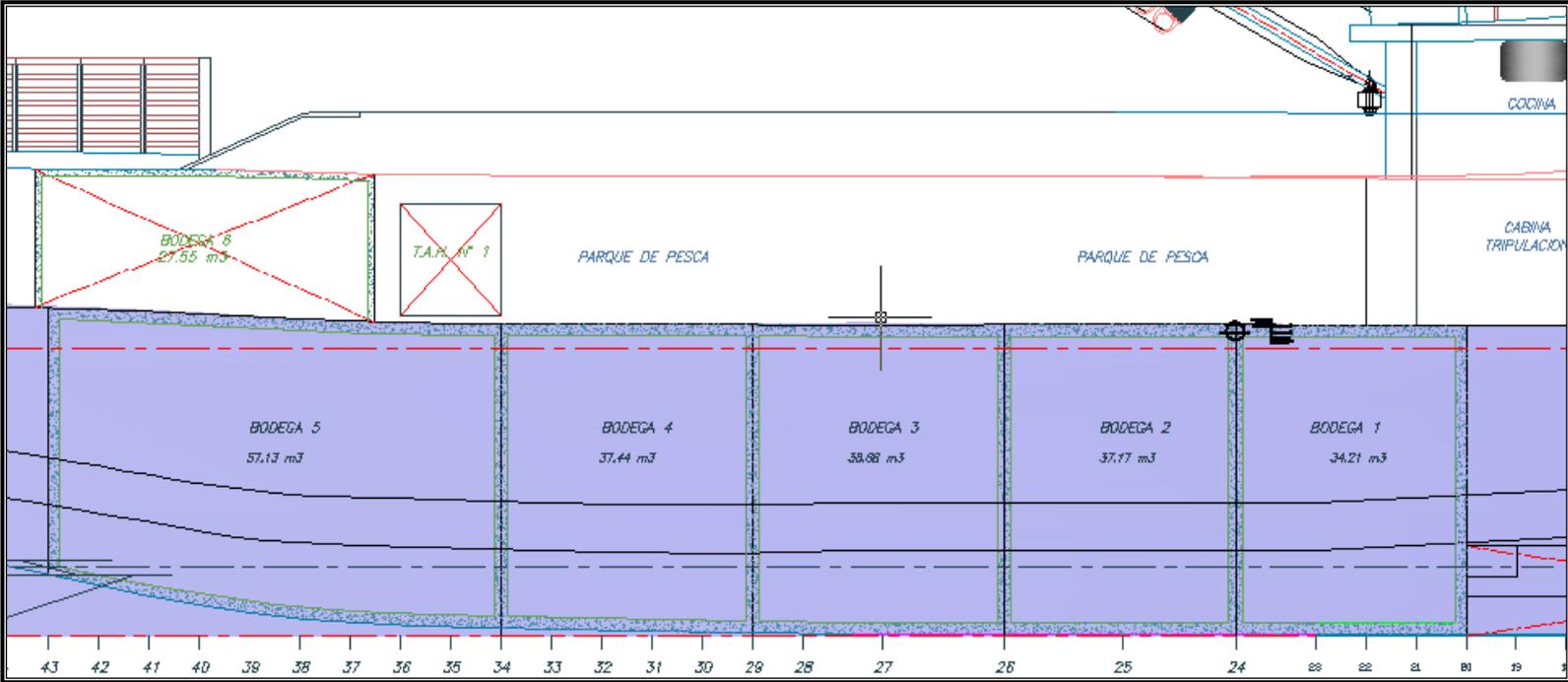


Figura 8.- Vista de perfil de las bodegas de pesca, [8].

#### **1.4 Escantillonado del Bloque.**

El arreglo estructural utilizado en la construcción del bloque que sirvió para alargar a la embarcación analizada, descrito en la referencia [10], sigue un sistema de cuadernaje de tipo longitudinal. La embarcación tiene un cuerpo medio paralelo que va desde la cuaderna 23 donde se realizó el corte hasta la cuaderna 34, ver las Figuras 9.A, 9.B y 9.C. Para el amarre estructural se utilizan escuadras en la unión de la cuaderna de fondo y de costado, así como la unión de la cuaderna de costado y el bao. La estructura del casco consta de planchaje, mamparos, cuadernas, baos, quilla, roda, escuadras, varengas entre túnel, y, refuerzos longitudinales.

En el bloque añadido se tiene dos mamparos transversales, a proa en la cuaderna 24 el que divide las bodegas de pesca 1 y 2, y, a popa en la cuaderna 26, el mamparo que divide la bodega de pesca 2 y 3. La separación entre las bulárcamas y los mamparos en el bloque es de 1778 mm, la separación entre refuerzos longitudinales del fondo y cubierta es de 390 mm y de costados de 670 mm.

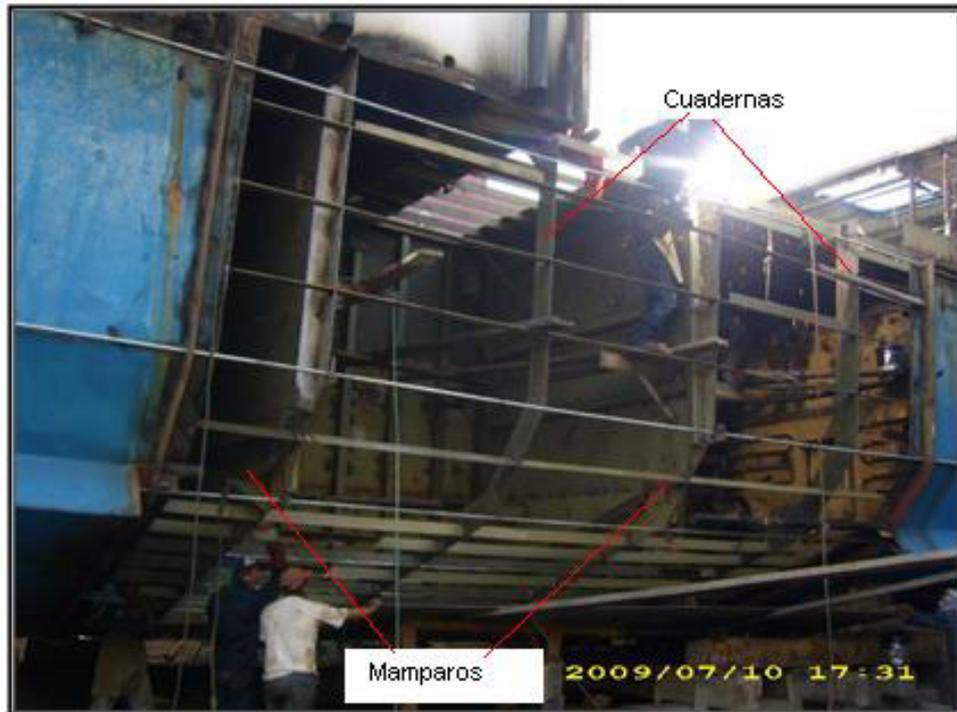


Figura 9.A.- Estructurales del bloque, [1].



Figura 9.B.- Sector donde se insertó el bloque de 7.0 m, [1].

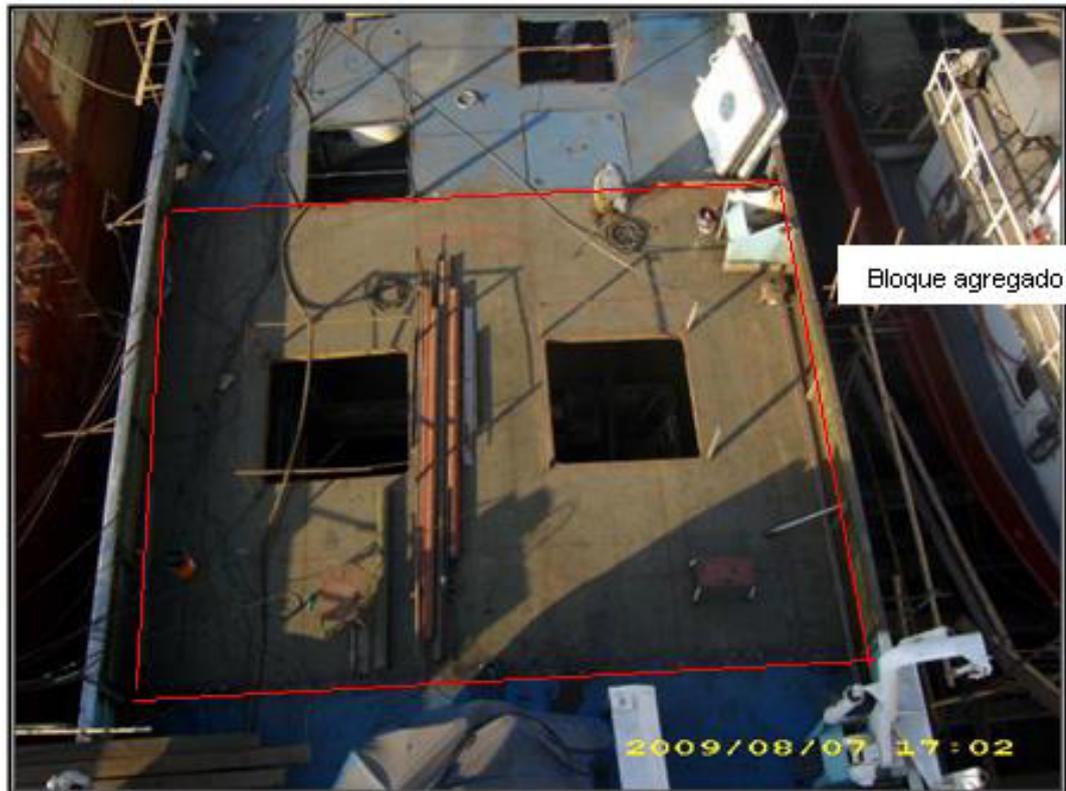


Figura 9.C.- Vista en planta de la cubierta superior de la embarcación, [1].

A continuación, de la referencia [10], se presentan en la Tabla V los escantillones del casco. En la Figura 10.A y 10.B se presentan el arreglo de los estructurales en las cuadernas y mamparos. Nótese que la altura de la quilla del bloque es de 304.8 mm (12") mientras que en la estructura original es de 203.2 mm (8").

<b>Descripción</b>	<b>Tipo de estructural</b>	<b>Dimensiones (mm)</b>
Bulárcamas	Perfil L	101.6 x 203.2 x 9.5
Baos	Perfil L	101.6 x 203.2 x 9.5
Varengas entre túnel	T	406.4 x 76.2 x 9.5
Zapata de la quilla	Platina	152.4 x 19
Quilla	T	304.8 x 19
Ala de la quilla	Platina	101.6 x 19
Ref. longitudinal de fondo	Platina	101.6 x 9.5"
Ref. longitudinal de cubierta	Platina	76.2 x 7.95
Ref. longitudinal de costado	Platina	76.2 x 9.5
Planchaje de fondo	Plancha	9.5
Planchaje de costado	Plancha	7.95
Planchaje de cubierta	Plancha	7.95
Mamparos longitudinales	Plancha	7.95
Mamparo transversal	Plancha	7.95
Ref. verticales de mamparos	Perfil L	76.2 x 127 x 9.5
Ref. longitu.de mamparos	Platina	127 x 9.5
Chinas	Varilla	Ø 38.1

Tabla 5.- Dimensiones de las estructuras del casco en el bloque.

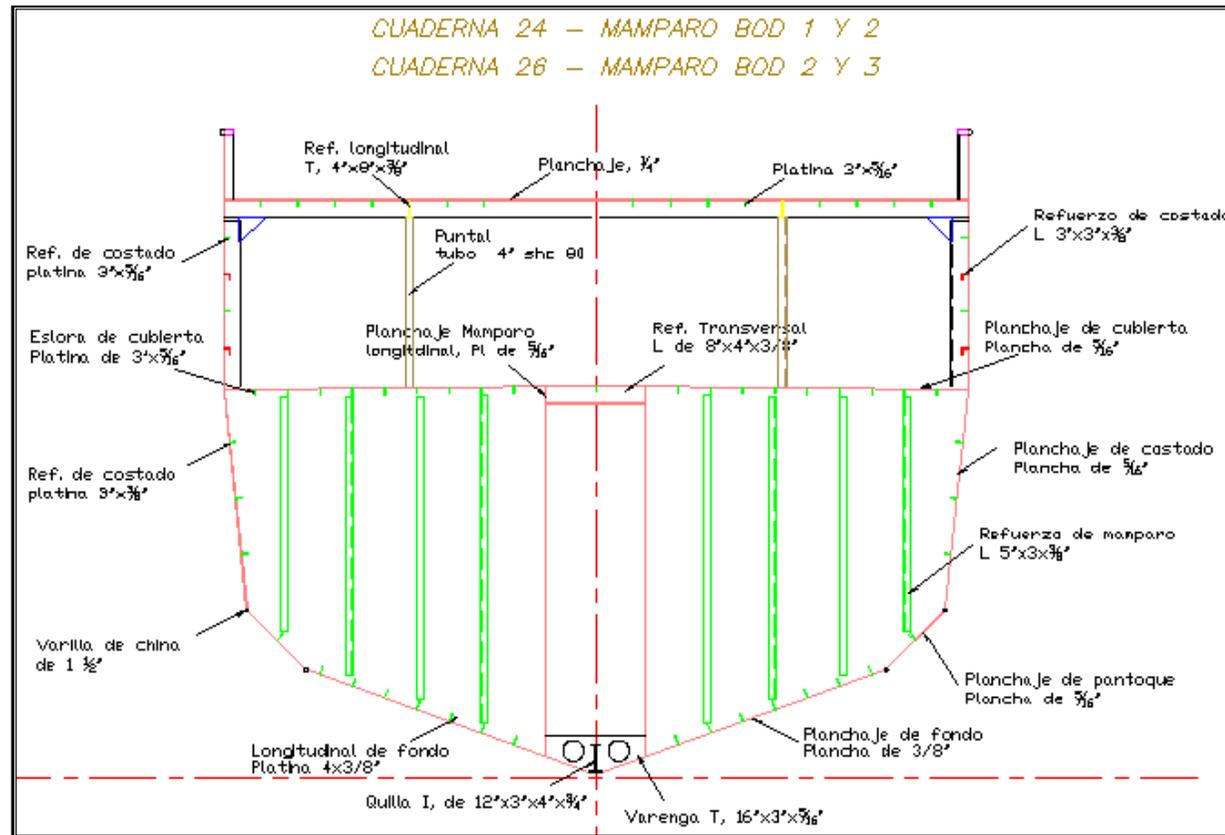


Figura 10.A.- Estructurales de los mamparos en el bloque insertado, [10].

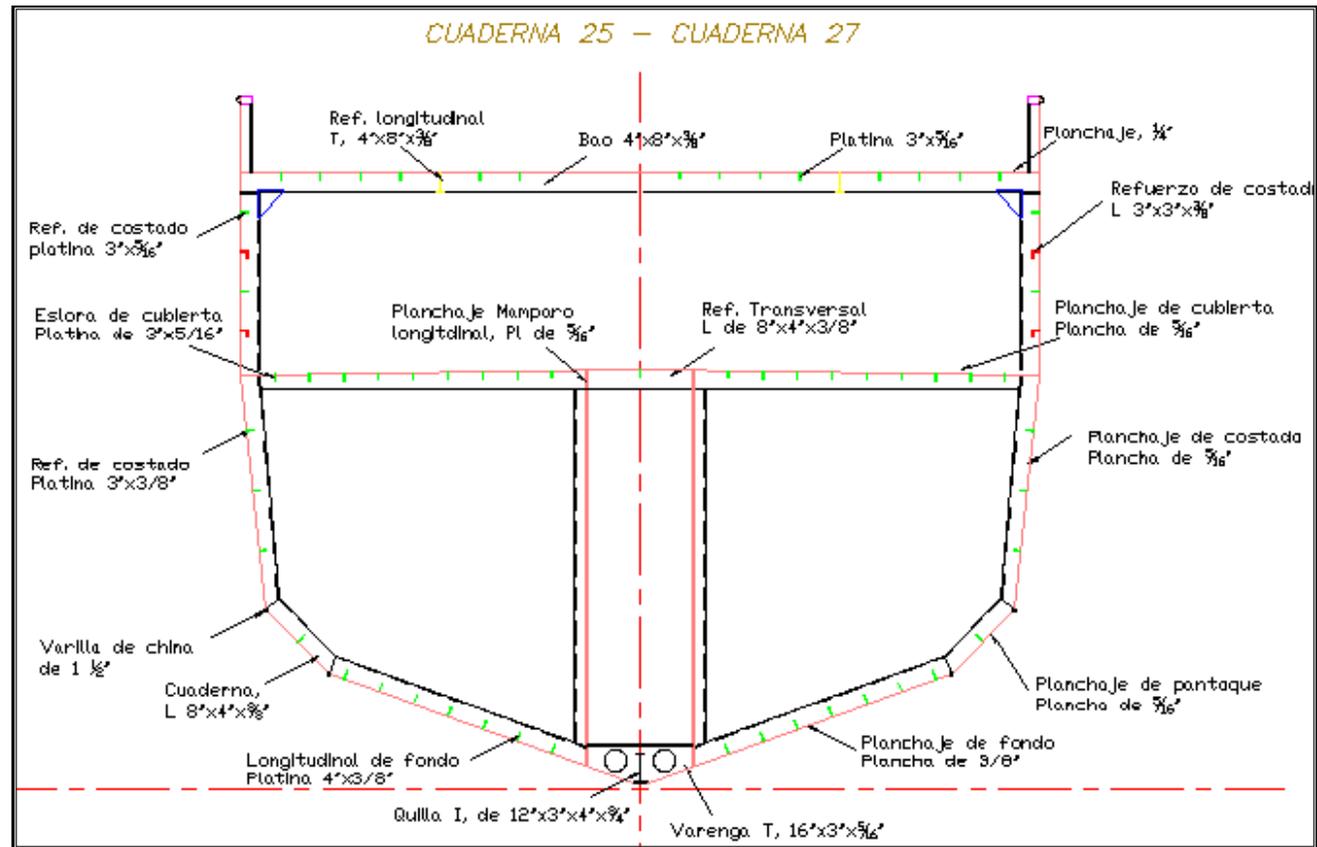


Figura 10.B.- Estructurales de cuadernas y planchaje del casco.

Sobre la cubierta principal se encuentra la cubierta superior, típica de las embarcaciones atuneras, la cual forma el área del parque de pesca, donde se encuentran las bocas de escotillas de las bodegas de pesca, ver las Figura 11.A y 11.B.



Figura 11.A.- Baos de la cubierta superior en el parque de pesca.



Figura 11.B.- Bocas de escotillas de las bodegas de pesca que se añadió.

En la Tabla VI, tomada de la referencia [13], se presenta los escantillones que fueron utilizados en la construcción del parque de pesca.

<b>Descripción</b>	<b>Tipo de estructural</b>	<b>Escantillonado mm</b>
Cuadernas de costado	Perfil L	101.6 x 203.2 x 9.5
Baos	Perfil L	101.6 x 203.2 x 9.5
Eslora de cubierta superior	Platina	76.2 x 7.95"
Longitudinal de cubierta superior	T	101.6 x 203.2 x 9.5
Refuerzos de costado	Ángulo	76.2 x 76.2 x 9.5
Refuerzos de costado	Platina	76.2 x 7.9
Planchaje de cubierta	Plancha	6.35
Planchaje de costado	Plancha	6.35
Puntales	Tubo	101.6 cédula 80
Escuadras	Plancha	304.8 x 304.8 x 9.5

Tabla VI.- Escantillones de los estructurales del parque de pesca.

## **CAPITULO 2**

### **Modelización del Bloque a insertar en Sección Media del Buque.**

En el presente capítulo se describe primero el modelo geométrico del bloque que se insertó en el BP Doña Maruja, utilizando el programa AutoCAD. Luego se discretiza la estructura el modelo del casco de 16.90 m de longitud, que permitirá analizar los esfuerzos en las conexiones del bloque, aplicando el Método de Elementos Finitos (MEF). Se definen también las condiciones de cargas a analizar sobre el bloque. Finalmente se definen las restricciones aplicadas al bloque.

## 2.1 Desarrollo del Bloque en AutoCAD.

Para empezar, el origen del sistema de referencia global del modelo se lo estableció en la cuaderna 22, ver Figura 13, y se tomó de la siguiente manera: el eje "X", en dirección longitudinal, positiva a popa; el eje "Z", en dirección vertical positivo hacia arriba; y el eje "Y", en dirección transversal, positivo a Estribor.

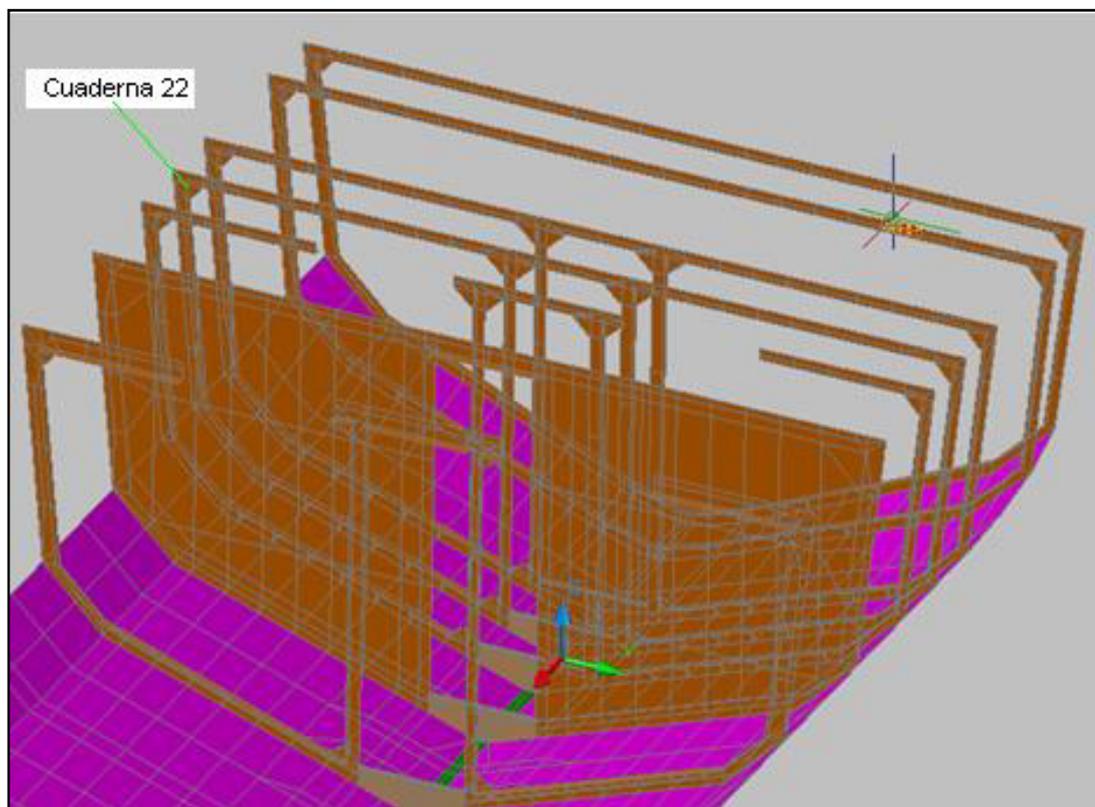


Figura 13.- Sistema de referencia global.

El modelo estructural utilizado en la construcción del bloque que se insertó en Sección Media, descrita en el plano estructural tomado de la referencia 11, sigue un cuadernaje de tipo longitudinal. La estructura del casco consta de planchaje exterior e interior, mamparos transversales y longitudinales, cuadernas, baos, quilla, escuadras, varengas, esloras, longitudinales de fondo y de costados. Todos estos elementos fueron incluidos en el plano 3D del bloque, como se muestra en la Figura 14.

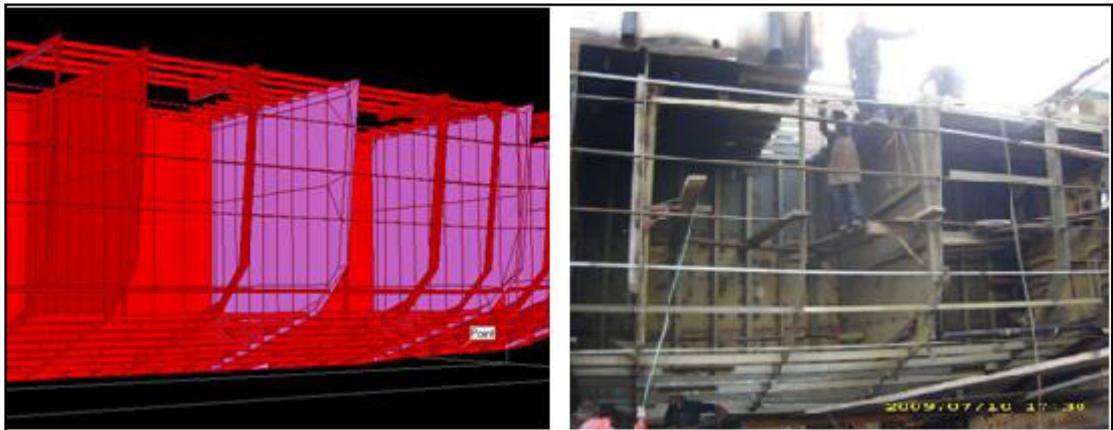


Figura 14.- Plano 3D del planchaje de fondo y costado con las cuadernas.

El modelo a ser analizado corresponde al cuerpo medio paralelo del buque, con 16.90 m de longitud, que va desde la cuaderna 18 a proa en sala de Máquinas, hasta la cuaderna 35 a popa en la bodega 5, ver Figura 15. Se va a modelar la estructura adyacente al bloque insertado de 7.0 m, para analizar la conexión estructural dado que hay diferencias respecto de la forma de

construcción original, y además para evitar que las restricciones de los extremos afecten la distribución de esfuerzos en la región de interés.

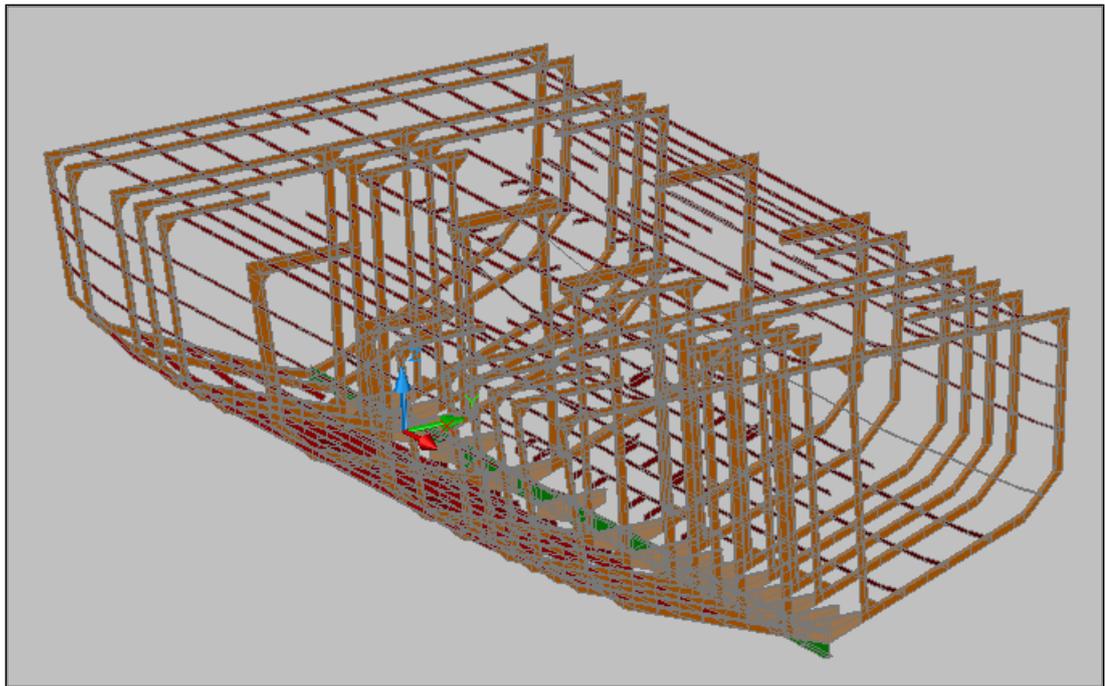


Figura 15. Anillos de cuadernas y refuerzos longitudinales.

Para representar el amarre estructural también se incluyeron escuadras en la unión de las cuadernas de fondo y de costado, así como también en la unión de la cuaderna de costado y el bao, ver Figura 16.

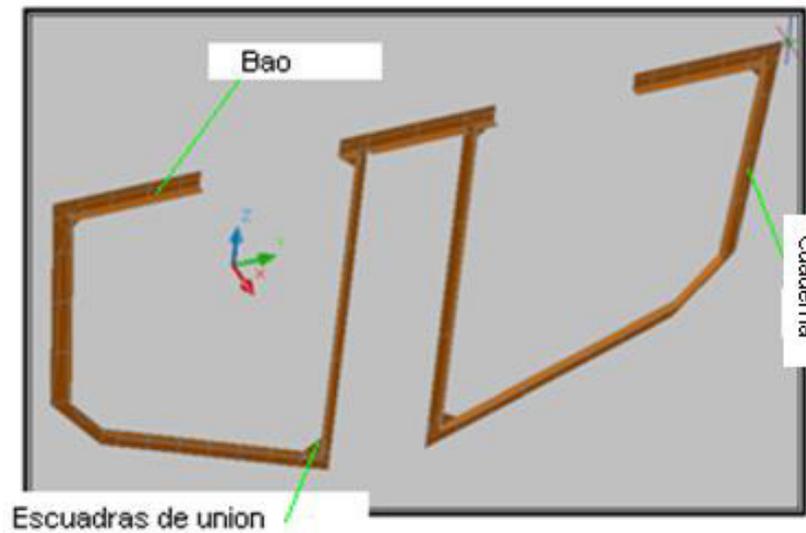


Figura 16. Cuaderna estructural del modelo desarrollado.

El modelo geométrico comprende 5 mamparos transversales estancos que dividen las bodegas de pesca, ver Figura 17. El mamparo 1 está ubicado en la cuaderna 20, y separa la sala de Máquinas de las bodegas 1; se encuentra ubicado a 1.52 m a popa de la cuaderna 18 tomada como referencia (situada a proa del modelo); los mamparos 2, 3, 4 y 5 están situados a popa a 5.0 m, 8.52 m, 12.33 m y 16.14 m, respectivamente, tomando como referencia la cuaderna 18. El modelo geométrico incluye los dos mamparos longitudinales, separados una distancia de 1.20 m, formando el túnel, y, divide las bodegas de babor y estribor. Los mamparos transversales están reforzados verticalmente por medio de perfiles tipo L ubicados en las caras posteriores, y están separados una distancia de 0.78 m entre sí. Los mamparos

longitudinales están reforzados por perfiles tipo L en dirección vertical y longitudinalmente con 2 hileras de platinas. Ver Figura 18.

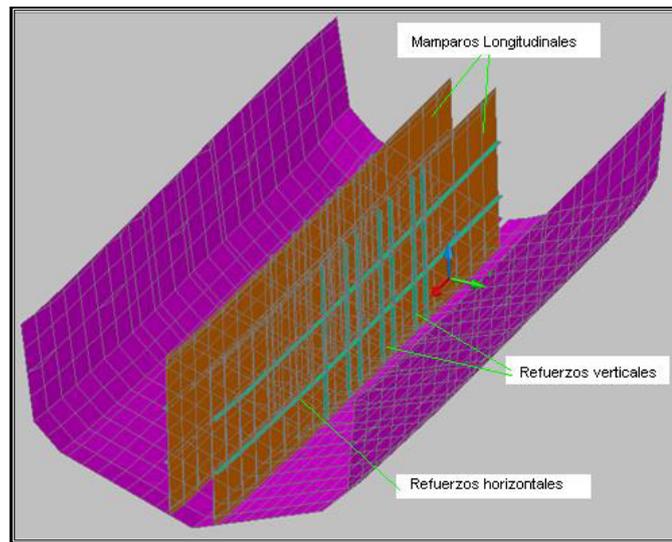


Figura 17. Mamparos longitudinales que dividen las bodegas de pesca de Babor y Estribor.

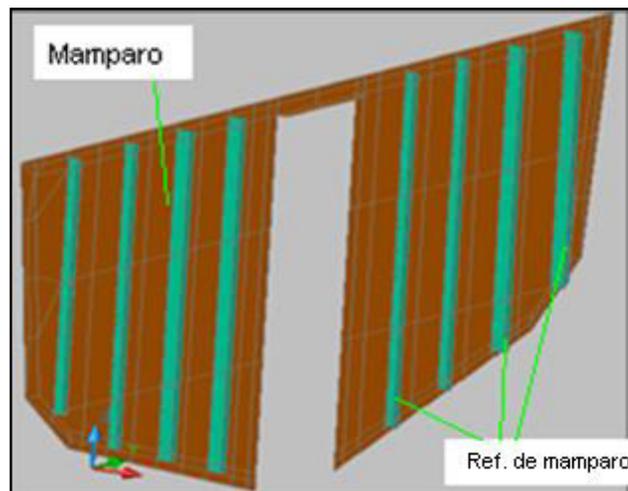


Figura 18. Mamparo 24 con sus refuerzos verticales tipo ángulo.

En la Figura 19, se puede visualizar las Varengas que se encuentran en el sector del túnel las mismas que conectan a los mamparos longitudinales.

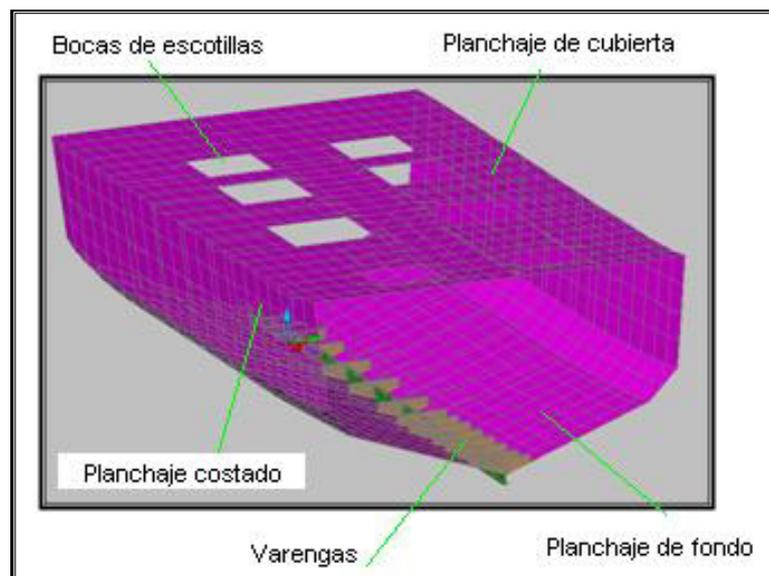


Figura 19. Planchaje del casco y varengas.

Para poder aplicar la presión interna de la carga se debió representar el forro interior en las bodegas de pesca. De esta manera se puede considerar su efecto cuando se llenan las bodegas, ver Figura N° 20.

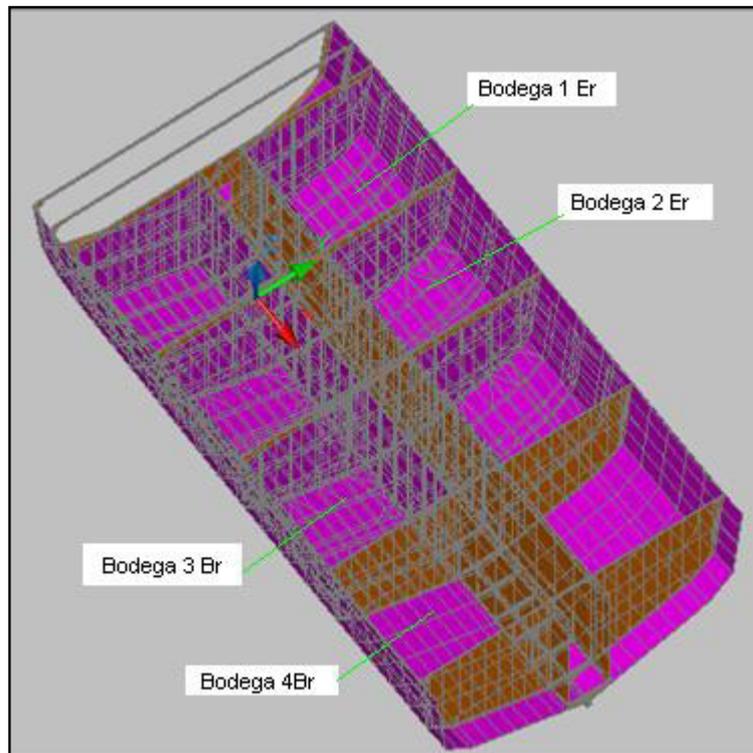


Figura N° 20.- Forro interior de las bodegas de pesca.

## 2.2 Desarrollo del modelo estructural.

Una vez completo el modelo geométrico en el programa AutoCAD, se importó desde el programa SAP 2000 para generar los elementos Planchas, que forman el modelo estructural. El sistema de unidades usado para el análisis es el Internacional: fuerza (Tonf), longitud (m), y temperatura (°C), como se muestra en la Figura 21.

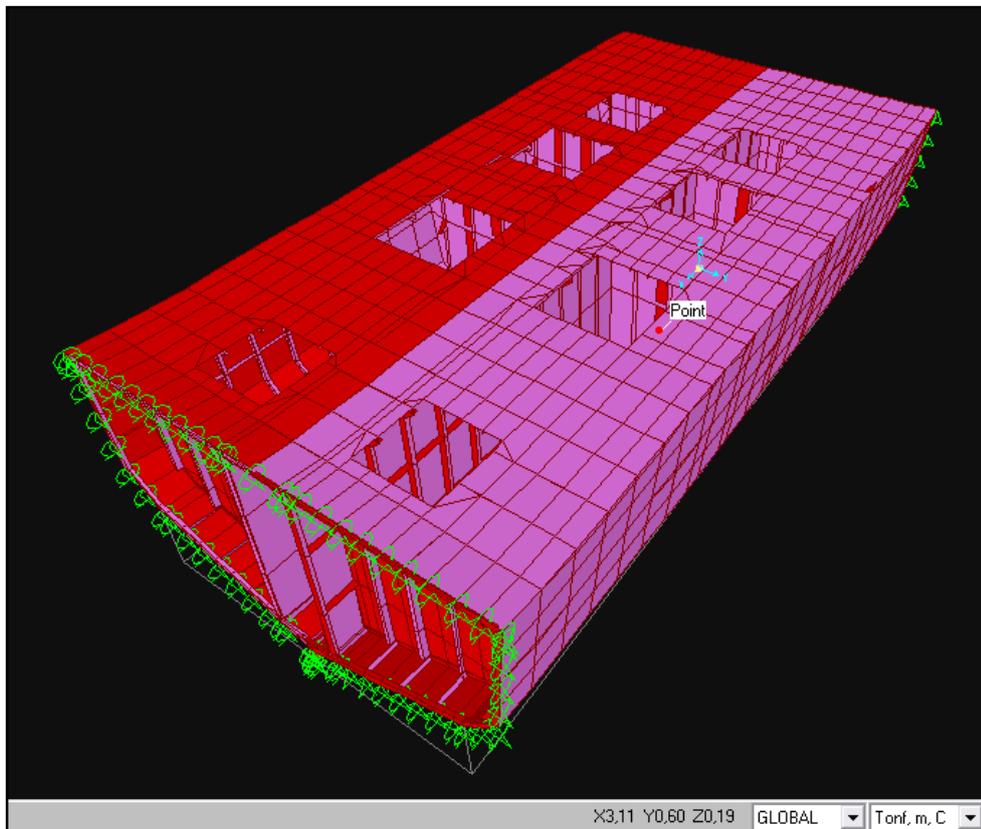


Figura 21.- Modelo Estructural del bloque en el programa SAP2000.

En la Tabla IX, se describen algunos valores representativos del modelo.

Descripción	Cantidad
Nodos	6041
Elementos Plancha (Shell)	7902

Tabla IX.- Número de nodos y elementos del modelo.

### **Proceso de discretización y selección del tipo de elemento.**

El modelo desarrollado comprende desde la cuaderna 18 a la cuaderna 35, con el objetivo de establecer las restricciones en extremos del modelo y analizar los esfuerzos en el punto de conexión de las mitades de proa y popa con el bloque. El elemento finito utilizado en esta tesis y disponible en la librería del programa SAP 2000, ver referencia [4], es el elemento plancha denominado en el programa como "Shell", que se define con tres o cuatro nodos en el espacio. Estos elementos representarán el planchaje del casco y todos los elementos estructurales tanto primarios y secundarios. Estos elementos soportan cargas en el plano (efecto de membrana) y laterales (efecto de flexión).

Se ha modelado utilizando el elemento "Plancha", los elementos estructurales, descontándose 1.5 mm en el espesor original del escantillonado producido por desgaste debido a la corrosión. En la siguiente lista se indica el espesor final de cada elemento incluido en el modelo:

- Planchaje del fondo (8.025 mm).
- Planchaje del costado (6.44 mm).
- Cubierta principal (6.44 mm).
- Planchaje de mamparos transversales y longitudinales (6.44 mm).
- Cuadernas de costados (8.025 mm).
- Baos (8.025 mm).
- Bulárcamas (8.025).

- Quilla del bloque (17.55 mm).
- Quilla original (8.025 mm).
- Varengas (8.025 mm).
- Longitudinales de fondo y costado (8.025).
- Esloras de cubierta (6.44 mm).
- Refuerzos de mamparos (8.025 mm).
- Escuadras de unión de las cuadernas (8.025 mm).
- Forro interior de las bodegas de pesca (4.85 mm).

En la Figura 22, se representa un detalle del modelaje del arreglo estructural, donde se especifican los miembros estructurales.

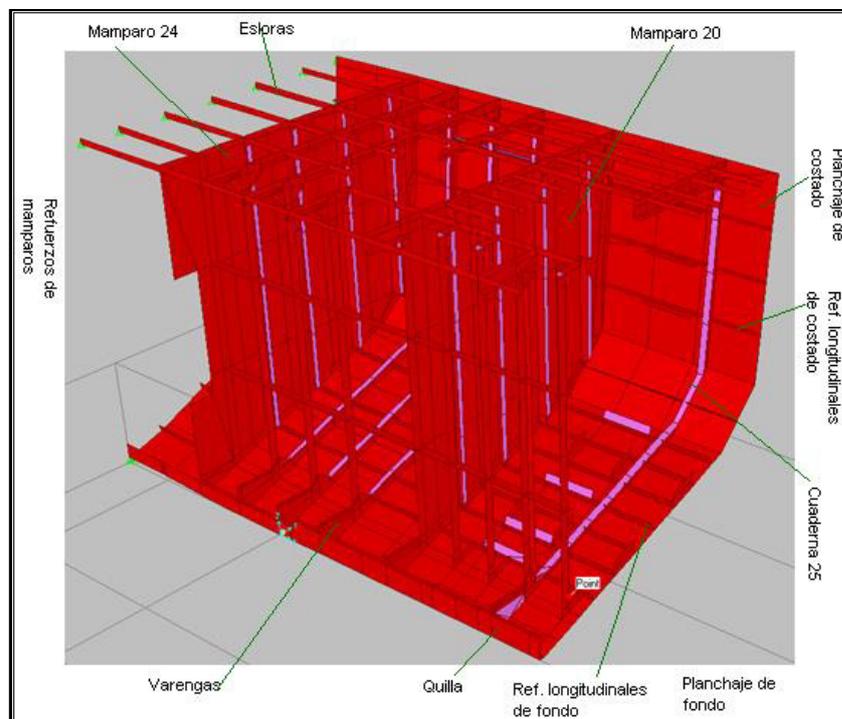


Figura 22.- Estructurales de la bodega modelado con elementos planos.

Luego de desarrollar los elementos plancha del modelo estructural se necesita especificar los ejes locales: por omisión el programa SAP2000 toma la orientación de los ejes locales relacionada con el sistema de coordenadas globales descritos anteriormente, ver referencia [7]. Para los elementos planchas (Shell) el sistema local sirve para reconocer las direcciones de los esfuerzos y fuerzas internas que se desarrolla en cada elemento, ver Figura 23.

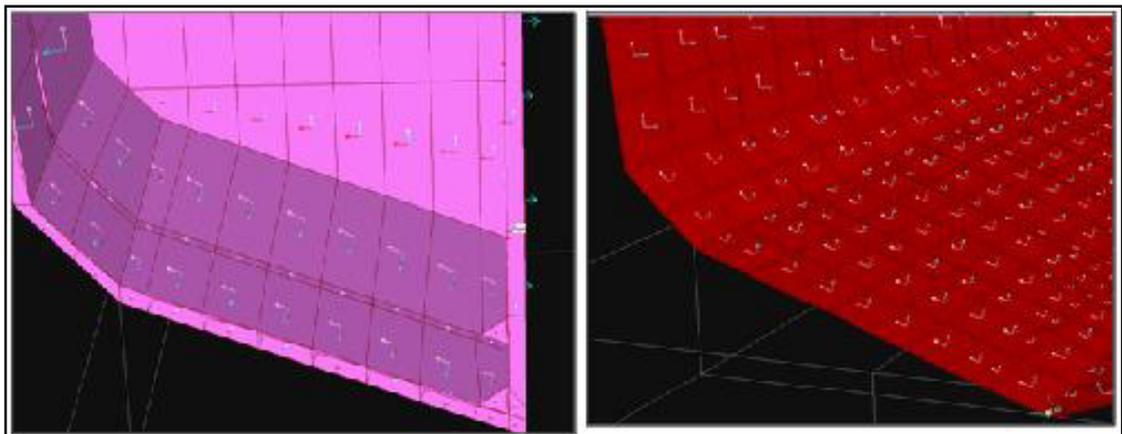


Figura 23.- Orientación de los ejes locales en el forro interior de las bodegas y planchaje exterior del casco.

Para una comprobación del modelo estructural se procedió a realizar diferentes cortes en el modelo, para visualizar en mejor forma los elementos estructurales en del interior, ver Figura 24 y 25.

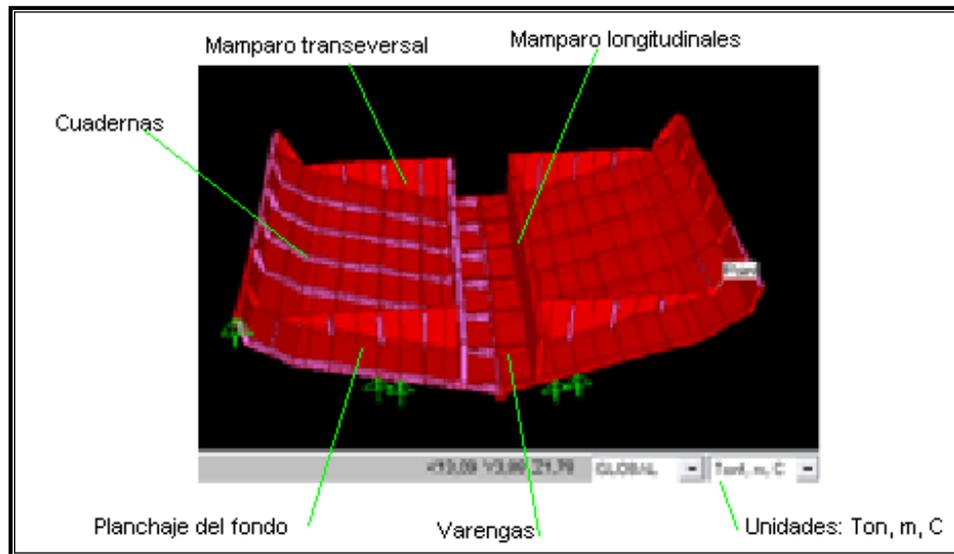


Figura 24.- Estructurales del fondo del modelo.

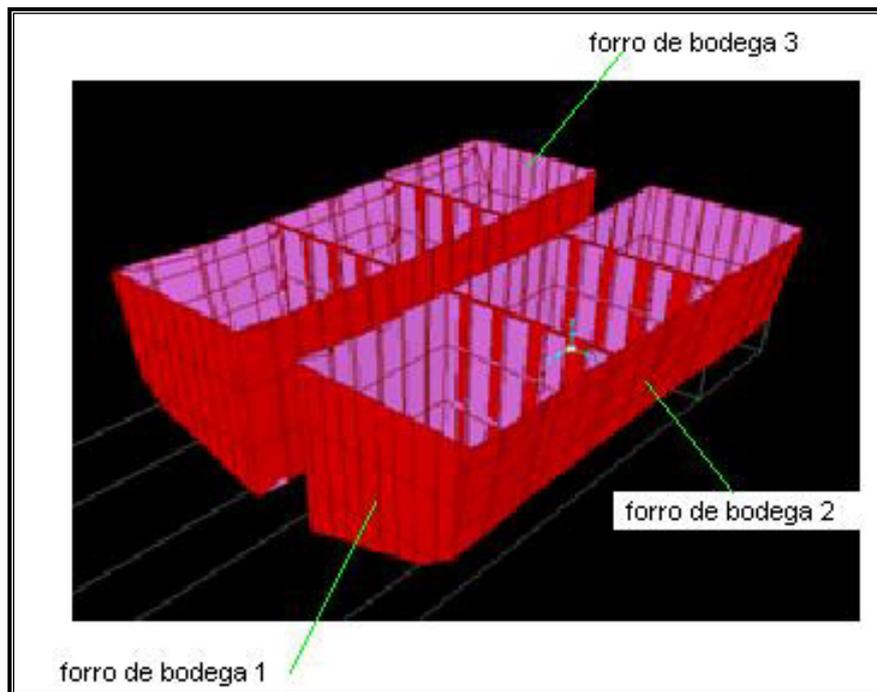


Figura 25. Modelo del forro interior de las bodegas de pesca.

En las Figura 26.A, 26.B y 26.C, se presentan vistas representativas del modelo, de los estructurales en sus puntos de conexión.



Figura 26.A.- Cuaderna maestra.

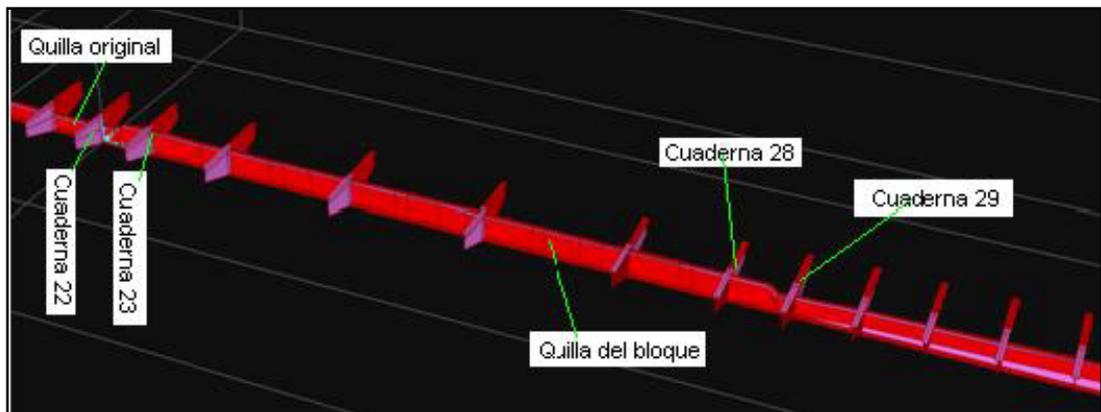


Figura 26.B.- Conexión de la quilla original con la quilla nueva del bloque añadido.



Figura 26.C.- Conexión real de la quilla original con la del bloque añadido.

### 2.3 Cálculo de las cargas.

Para el presente estudio se analizan los esfuerzos en dos condiciones de carga de la embarcación.

- Condición 1: Salida de puerto con la totalidad de provisiones, 100% de consumibles, las bodegas 1 y 2 llenas de combustible, la bodega 3 llena de lastre y la bodega 4 vacía.
- Condición 2: Salida de puerto con todos sus tanques de combustibles llenos y 100% de provisiones, considerando las bodegas 1, 2, 3 y 4 vacías.

#### **Condición 1 (Salida de puerto con bodegas llenas).**

Para conocer el calado en esta condición de carga de la embarcación, se toma de la referencia [12] la Tabla X, ver Anexo G, donde se detallan los pesos presentes en el buque para esta condición. Obteniendo los valores de

desplazamiento, LCG y VCG; e ingresando estos valores en el programa SHCP,[5], se calcula el calado de la embarcación de 4.48 m, parámetro que ingresado en el programa SAP 2000 permite evaluar la presión hidrostática que se ejerce en el exterior del casco del modelo. Para la carga que se aplica en el interior de las bodegas, en esta condición se considera que las bodegas están llenas al 100% de diesel y el valor de la presión en el forro es la altura de la bodega. En las Figuras 27.A y 27.B, se observa las áreas donde actúan las presiones hidrostáticas. En el planchaje exterior del casco actúa la presión hidrostática que ejerce el agua salada  $\left(1,025 \frac{\text{Tonf}}{\text{m}^3}\right)$  y en el forro interior de las bodegas actúa la presión hidrostática que ejerce el combustible  $\left(0,85 \frac{\text{Tonf}}{\text{m}^3}\right)$ . Por efectos dinámicos se aumentó en un 20% los pesos específicos de los líquidos que ejercen presión en el planchaje exterior del casco y en el forro interior de las bodegas.

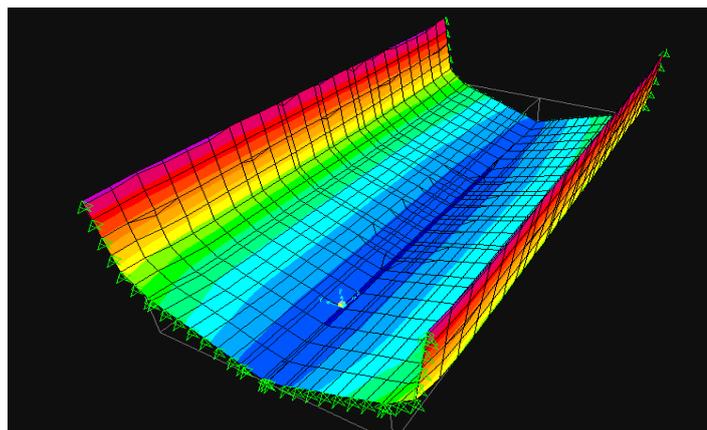


Figura 27.A. Distribución de la presión hidrostática efectiva en el exterior del casco.

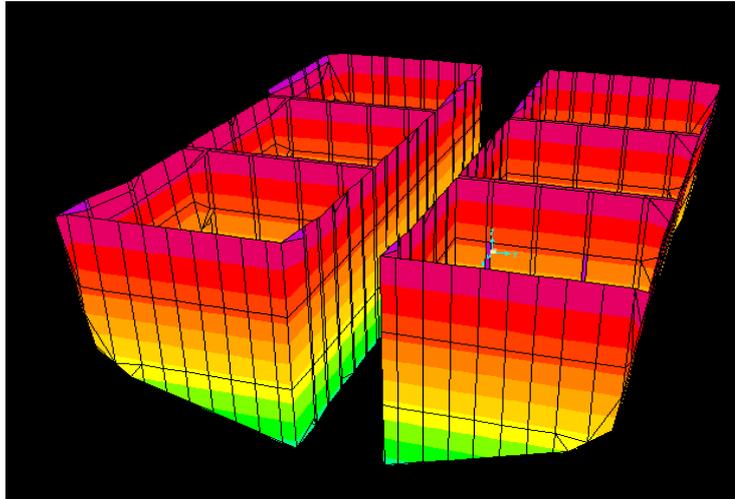


Figura 27.B.- Distribución de la presión hidrostática efectiva en interior de bodegas.

### **Condición 2 (Salida de puerto con las bodegas vacías)**

Para esta condición se considera que las bodegas 1, 2, 3 y 4 están vacías al salir de puerto, ver Tabla XI del Anexo G. En el planchaje exterior del casco actúa la presión hidrostática, las bodegas se encuentran vacías por la cual no se ejerce presión sobre el forro interior. Se calculó el calado de 3.85 m para esta condición, ver tabla 15 del apéndice 2, e ingresando este parámetro de carga en el programa SAP2000 se obtiene la distribución de presión hidrostática en el exterior del casco.

En la Figura 28 se presenta la presión exterior en el planchaje exterior que ejerce el agua salda  $\left(1,025 \frac{\text{Tonf}}{\text{m}^3}\right)$  y en el interior de las bodegas se encuentran vacías por lo tanto no se ejerce presión. En forma similar a la

condición previa, por efectos inerciales se aumentó en un 20% el peso específico del líquido que ejercen presión en el planchaje exterior del casco

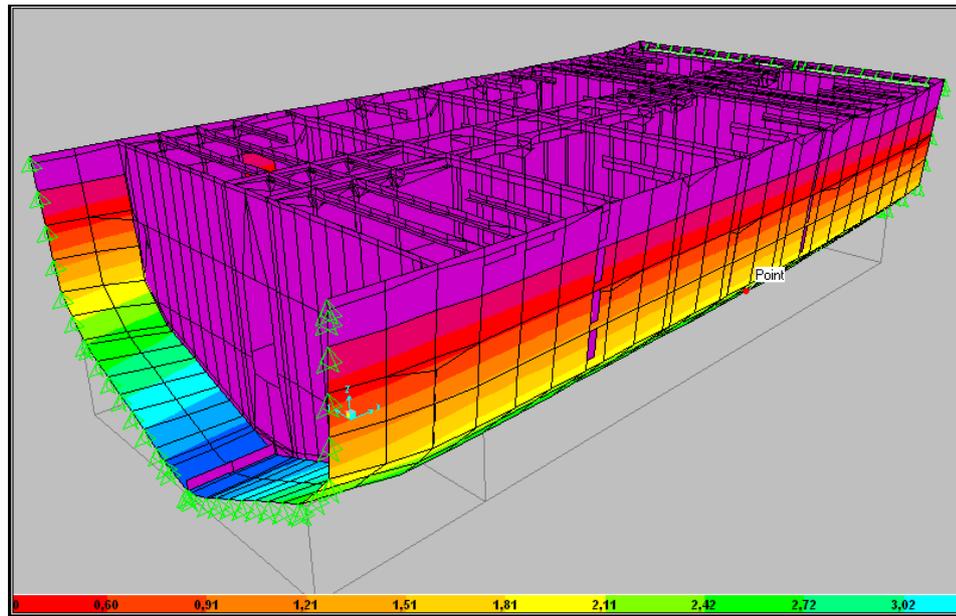


Figura 28.- Presión en el planchaje del casco y las bodegas vacías.

## 2.4 Definición de las Restricciones

El modelo estructural estará restringido en los nodos que forman la primera y última cuaderna generadas, ver Figura 29. Dado que hay una distancia 3.8 m y 6.1 m a proa y popa respectivamente desde los extremos del modelo hasta el bloque añadido se espera que estas restricciones no afecten los resultados. Las restricciones que se aplican son las siguientes:

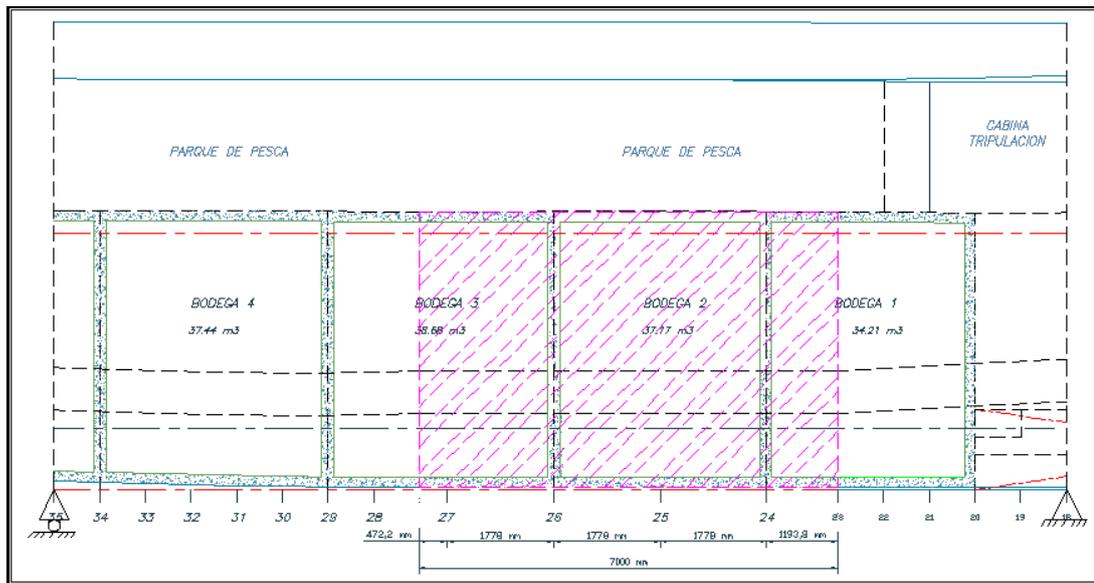


Figura 29.- Restricciones en los nodos extremos del modelo analizado.

- En la primera Cuaderna, # 18, ver Figura 30, ubicada a proa del modelo, los nodos fueron restringidos en sus traslaciones en X, Y, y Z, permitiendo su rotación.

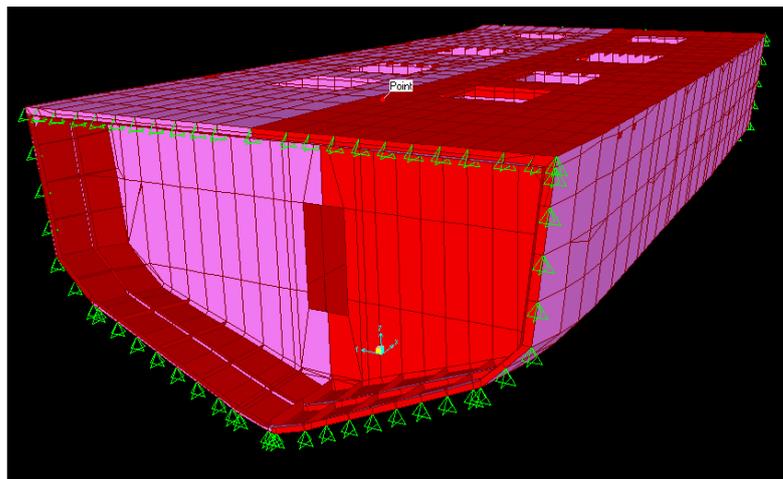


Figura 30.- Restricciones en la cuaderna 18.

- En la cuaderna 35 ubicada a popa del modelo, ver Figura 31, los nodos son restringidos en traslación en el eje Y y Z, permitiéndole traslación en X en sentido longitudinal.

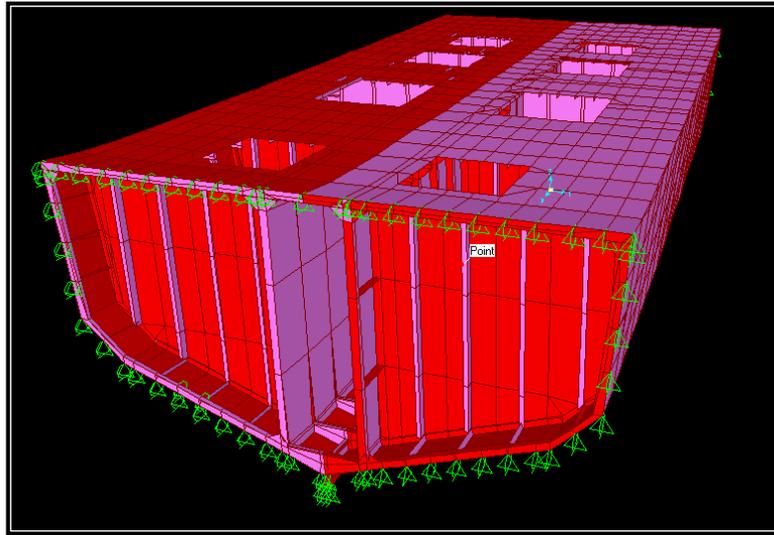


Figura 31.- Restricciones en la cuaderna 35.

## **CAPÍTULO 3**

### **Resultados del Análisis de Esfuerzos**

Con el programa SAP2000 se procede a calcular los niveles de esfuerzos en la estructura del bloque insertado en el B/P Doña Maruja, para las dos condiciones de carga consideradas. Se analizan los esfuerzos que se desarrollan en las siguientes zonas: planchaje del fondo, bulárcamas, mamparos longitudinales y transversales, y, conexión de quilla. Por la simetría del modelo y las fuerzas aplicadas, se tomará para el análisis de esfuerzos locales la banda de Estribor.

El valor del esfuerzo normal primario (dirección longitudinal) ha sido estimado como de 0.41 Ton/cm<sup>2</sup>. Sin embargo si se asume que el esfuerzo cortante en el fondo es pequeño, y el terciario de importancia es dirección transversal, entonces el esfuerzo permisible sigue siendo el esfuerzo de fluencia.

### 3.1 Análisis de Esfuerzos en el Planchaje del fondo

#### Condición 1

A continuación se muestra un panel de planchaje del fondo, comprendido entre el mamparo longitudinal y, las varengas 26 y 27. En este sector de planchaje de fondo se ejerce la mayor presión hidrostática externa y se desarrollan los esfuerzos máximos en el panel de plancha.

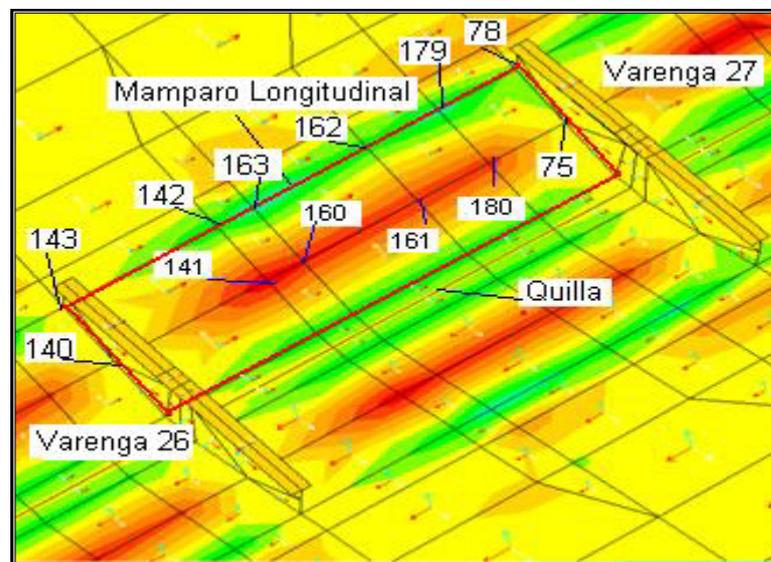


Figura 32.-Esfuerzo en dirección transversal del Planchaje del fondo, en condición 1.

En las Tablas XII y XIII, se presentan los valores de los esfuerzos en los nodos identificados en la figura anterior, tanto en la cara del tope y del fondo, en el centro y borde del panel de plancha analizado.

Esfuerzos en Planchaje del Fondo en el centro del panel									
Nodo	Posición espacial			Posición Espesor	S11	S22	SMAX	F11	F22
	X (cm)	Y(cm)	Z (cm)		(t/cm2)	(t/cm2)	(t/cm2)	(t/cm2)	(t/cm2)
140	574,2	33,81	9,39	Top	-0,507	-0,202	-0,159	-0,102	-0,028
141	608,73	33,80	9,39	Top	0,724	1,735	1,743	-0,088	-0,086
160	623,40	33,80	9,39	Top	0,344	1,521	1,526	-0,083	-0,077
161	670,00	33,80	9,39	Top	0,295	1,454	1,456	-0,084	-0,072
180	699,60	33,80	9,39	Top	0,683	1,403	1,421	-0,089	-0,055
75	731,80	33,81	9,39	Top	-0,398	-0,140	-0,045	-0,050	-0,090
140	574,2	33,81	9,39	Bot	0,227	0,114	0,344		
141	608,73	33,80	9,39	Bot	-0,998	-2,008	-0,993		
160	623,40	33,80	9,39	Bot	-0,602	-1,765	-0,576		
161	670,00	33,80	9,39	Bot	-0,556	-1,682	-0,556		
180	699,60	33,80	9,39	Bot	-0,946	-1,569	-0,933		
75	731,80	33,81	9,39	Bot	0,236	0,109	0,321		

Tabla XII.- Esfuerzos locales en el centro del panel del fondo, condición 1

Esfuerzos en Planchaje del Fondo en el borde del panel									
Nodo	Posición espacial			Posición Espesor	S11	S22	SMAX	F11	F22
	X (cm)	Y(cm)	Z (cm)		(t/cm2)	(t/cm2)	(t/cm2)	(t/cm2)	(t/cm2)
143	547,20	60,00	18,78	Top	-0,134	-0,107	-0,051	-0,091	-0,066
142	608,73	60,00	18,78	Top	-0,425	-1,068	-0,417	-0,092	-0,074
163	623,40	60,00	18,78	Top	-0,574	-1,507	-0,573	-0,098	-0,074
162	670,00	60,00	18,78	Top	-0,405	-0,958	-0,400	-0,096	-0,065
179	699,60	60,00	18,78	Top	-0,508	-1,298	-0,503	-0,091	-0,046
78	731,80	60,00	18,78	Top	-0,235	-0,534	-0,169	-0,054	-0,029
143	547,20	60,00	18,78	Bot	0,134	-0,099	-0,028		
142	608,73	60,00	18,78	Bot	0,137	0,838	0,844		
163	623,40	60,00	18,78	Bot	0,267	1,276	1,277		
162	670,00	60,00	18,78	Bot	0,105	0,757	0,763		
179	699,60	60,00	18,78	Bot	0,227	1,154	1,171		
78	731,80	60,00	18,78	Bot	0,055	0,441	0,494		

Tabla XIII.- Esfuerzos locales en el borde del panel de plancha del fondo, condición 1.

Se puede observar que los valores más altos de esfuerzos se producen en la dirección transversal, esto es en la dirección del lado más corto (S22) en la cara del fondo. El esfuerzo local más alto que se desarrolla es  $2.01 \frac{\text{Tonf}}{\text{cm}^2}$  en el centro de la plancha y corresponde al 84% del esfuerzo de fluencia del acero. También se puede observar que los esfuerzos en los nodos del centro son mayores a los que se generan en los bordes de la plancha.

## Condición 2

En esta condición, la presión hidrostática disminuye por el menor calado y por lo tanto los esfuerzos desarrollados en el planchaje de fondo son menores, ver Tabla XIV y XV. En la Figura 33 se muestra el desarrollo del nivel de esfuerzos S22 en dirección transversal en el panel de planchaje analizado para esta condición.

Esfuerzos en Planchaje del Fondo en el centro del panel									
Nodo	Posición espacial			Posición Espesor	S11	S22	SMAX	F11	F22
	X (cm)	Y(cm)	Z (cm)		(t/cm2)	(t/cm2)	(t/cm2)	(t/cm2)	(t/cm2)
140	574,2	33,81	9,39	Top	-0,411	-0,143	-0,109	-0,104	-0,018
141	608,73	33,80	9,39	Top	0,411	1,213	1,217	-0,124	-0,006
160	623,40	33,80	9,39	Top	0,149	1,057	1,058	-0,119	-0,061
161	670,00	33,80	9,39	Top	0,109	1,016	1,016	-0,119	-0,056
180	699,60	33,80	9,39	Top	0,393	0,994	1,005	-0,119	-0,032
75	731,80	33,81	9,39	Top	-0,333	-0,101	-0,033	-0,718	0,006
140	574,2	33,81	9,39	Top	0,109	0,083	0,207		
141	608,73	33,80	9,39	Bot	-0,798	-1,423	-0,793		
160	623,40	33,80	9,39	Bot	-0,518	-1,248	-0,518		
161	670,00	33,80	9,39	Bot	-0,482	-1,192	-0,482		
180	699,60	33,80	9,39	Bot	-0,764	-1,094	-0,744		
75	731,80	33,81	9,39	Top	0,113	0,077	0,193		

Tabla XIV.- Esfuerzos locales en centro del planchaje del fondo, condición 2.

Esfuerzos en Planchaje del Fondo en el borde del panel									
Nodo	Posición espacial			Posición Espesor	S11	S22	SMAX	F11	F22
	X (cm)	Y(cm)	Z (cm)		(t/cm2)	(t/cm2)	(t/cm2)	(t/cm2)	(t/cm2)
143	547,20	60,00	18,78	Top	-0,164	-0,082	-0,059	-0,107	-0,048
142	608,73	60,00	18,78	Top	-0,383	-0,752	-0,360	-0,122	-0,057
163	623,40	60,00	18,78	Top	-0,487	-1,072	-0,487	-0,123	-0,060
162	670,00	60,00	18,78	Top	-0,363	-0,669	-0,329	-0,121	-0,049
179	699,60	60,00	18,78	Top	-0,444	-0,904	-0,439	-0,119	-0,027
78	731,80	60,00	18,78	Top	-0,220	-0,345	-0,151	-0,074	-0,040
143	547,20	60,00	18,78	Bot	-0,163	-0,072	-0,038		
142	608,73	60,00	18,78	Bot	0,005	0,574	0,577		
163	623,40	60,00	18,78	Bot	0,106	0,885	0,886		
162	670,00	60,00	18,78	Bot	-0,013	0,518	0,522		
179	699,60	60,00	18,78	Bot	0,075	0,820	0,831		
78	731,80	60,00	18,78	Bot	-0,020	0,329	0,362		

Tabla XV.- Esfuerzos locales en el borde del panel de plancha del fondo, condición 2.

Se puede observar que los valores de esfuerzos S22 (dirección transversal) son de mayor importancia que los S11 (dirección longitudinal). También se nota que los esfuerzos en la cara del fondo comparados con la cara superior están en un rango cercano pero con signo opuesto, esto significa que la flexión es más importante que el efecto de membrana.

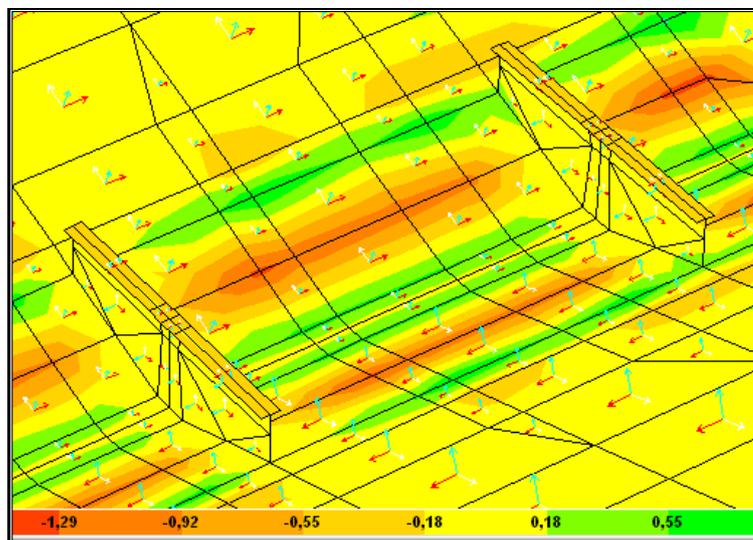


Figura 33.-Esfuerzos S22 en el fondo condición 2,  $\frac{t}{cm^2}$ .

### **Comparación de las dos condiciones de carga.**

En la Tabla XVI se realiza una comparación de los resultados en las dos condiciones de carga. Se puede ver que los esfuerzos S22 en la condición 1 son mayores en valor absoluto que en la condición 2, ver Figura 34, debido a la mayor presión actuante.

Esfuerzos S22 en planchaje del fondo centro Plancha							
Nº	Nodo	Posición espacial			Posición Espesor	Cond 1	Cond 2
		X (cm)	Y (cm)	Z (cm)		(t/cm <sup>2</sup> )	(t/cm <sup>2</sup> )
1	140	574,2	33,81	9,39	Bot	0,114	0,083
2	141	608,73	33,80	9,39	Bot	-2,008	-1,423
3	160	623,40	33,80	9,39	Bot	-1,765	-1,248
4	161	670,00	33,80	9,39	Bot	-1,682	-1,192
5	180	699,60	33,80	9,39	Bot	-1,569	-1,094
6	75	731,80	33,81	9,39	Bot	0,109	0,077

Tabla XVI.- Esfuerzos S22 (dirección transversal) en el centro de la plancha.

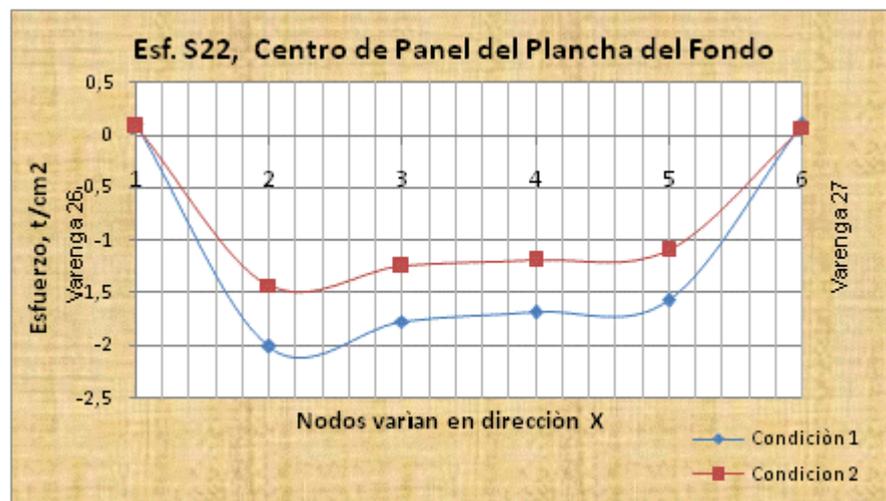


Figura 34.- Esfuerzos en el eje X, para las 2 condiciones de cargas.

En la Tabla XVII, se presentan los esfuerzos desarrollados en el borde del panel de planchaje analizado notándose que son menores a los esfuerzos en centro del panel de plancha.

Esfuerzos S22 en planchaje del fondo en borde del panel								
Nº	Nodo	Posición espacial			Posición Espesor	Cond 1	Cond 2	
		X (cm)	Y(cm)	Z (cm)		(t/cm2)	(t/cm2)	
1	140	574,2	33,81	9,39	Bot	-0,099	-0,072	
2	141	608,73	33,80	9,39	Bot	0,838	0,574	
3	160	623,40	33,80	9,39	Bot	1,276	0,885	
4	161	670,00	33,80	9,39	Bot	0,757	0,518	
5	180	699,60	33,80	9,39	Bot	1,154	0,82	
6	75	731,80	33,81	9,39	Bot	0,441	0,329	

Tabla XVII. Esfuerzos S22 (dirección transversal) en el borde de la plancha.

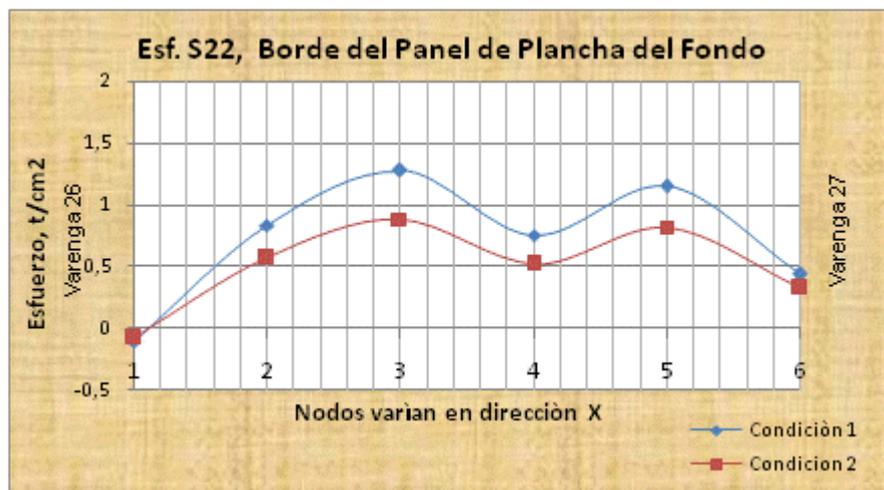


Figura 35.- Variación de los esfuerzos en el eje X para las dos condiciones de cargas analizadas.

### Comparación con la Teoría de planchas de Timoshenko, [14]

A continuación en la Tabla N° 18 se muestran los valores de esfuerzos que se producen en el centro y borde de la plancha para las condiciones mencionadas, aplicando la referencia [14], ver Anexo H, considerando la

carga como uniforme. Adicionalmente se presenta los valores calculados por el MEF.

Condición de la Plancha	S22	Condición 1	Condición 2
		t/cm2	t/cm2
Mitad del borde largo	Timoshenko, Empotrado	-1,328	-0,942
	MEF	1,211	-0,852
Centro de la plancha	Timoshenko, Empotrado	0,664	0,471
	MEF	1,617	1,136
Centro de la plancha	Timoshenko, bordes soportados	1,992	1,413
	MEF		

Tabla XVIII. Cálculos de los esfuerzo por la Teoría de Plancha de Timoshenko, [14].

Comparando los valores de los esfuerzos, se puede decir que los esfuerzos calculados por el MEF no corresponden a los de un panel de plancha analizada con los bordes simplemente soportados, ni tampoco con los bordes empotrados.

### 3.2 Análisis de Esfuerzos en Bulárcamas.

A continuación se analizan la Cuaderna 25 que se encuentra en el bloque insertado y la 22 de la construcción original del buque. En la Figura 36, se muestran los nodos de las cuadernas en el ala de la bulárcama donde se toman los valores de los esfuerzos, en la conexión con el alma. Los ejes locales 1 en el ala de las bulárcamas apuntan en dirección longitudinal global, y el 2, en dirección transversal.

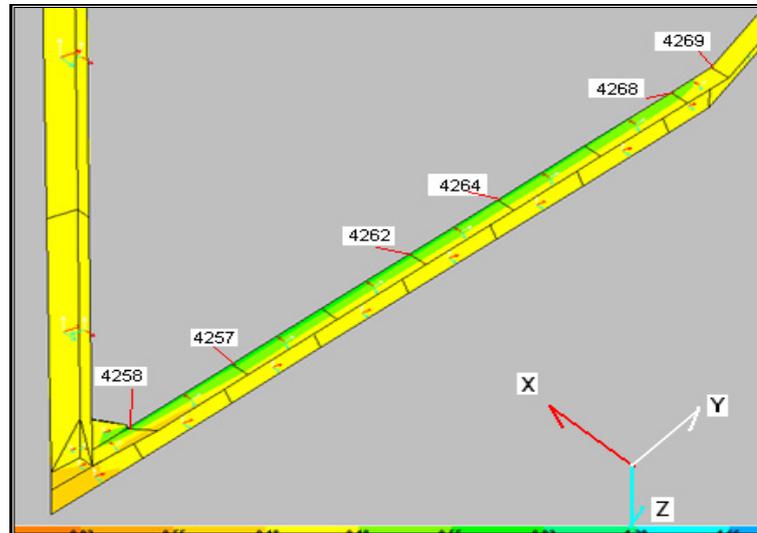


Figura 36.- Nodos analizados en la Cuaderna 25.

### Condición 1.

En las Tablas XIX Y XX, se resumen los Esfuerzos y Fuerzas locales que se desarrollan en las alas de las bulárcamas 25 y 22. Los valores de esfuerzos desarrollados en el ala están por debajo del esfuerzo de fluencia, lo cual significa que no se espera problema estructural.

Esfuerzos en el ala de la Bulárcama 25									
Nodo	Posición espacial			Posición	S11 (t/cm <sup>2</sup> )	S22 (t/cm <sup>2</sup> )	S <sub>MAX</sub> (t/cm <sup>2</sup> )	F11 (t/cm)	F22 (t/cm)
	X (cm)	Y (cm)	Z (cm)						
4258	368,80	92,69	50,83	Top	-0,810	-0,506	-0,015	-0,102	-0,027
4257	368,80	138,12	67,12	Top	-0,666	-0,740	-0,242	0,016	0,025
4262	368,80	216,23	95,14	Top	-0,687	-0,666	-0,263	0,012	0,010
4264	368,80	255,29	109,16	Top	-0,652	-0,615	-0,246	0,022	0,025
4268	368,80	333,42	137,18	Top	-0,613	-0,637	-0,357	-0,051	-0,098
4269	368,80	352,12	143,88	Top	-0,256	-0,203	-0,113	-0,124	-0,142
4258	368,80	92,69	50,83	Bot	0,648	0,516	1,117		
4257	368,80	138,12	67,12	Bot	0,733	0,776	1,167		
4262	368,80	216,23	95,14	Bot	0,679	0,665	1,024		
4264	368,80	255,29	109,16	Bot	0,681	0,648	0,990		
4268	368,80	333,42	137,18	Bot	0,482	0,440	0,828		
4269	368,80	352,12	143,88	Bot	-0,021	-0,074	0,127		

Tabla XIX.- Esfuerzos locales en el ala en Bulárcama 25, Condición 1.

Esfuerzos en el ala de la Bularcama 22									
Nodo	Posición espacial			Posición Espesor	S11 (t/cm2)	S22 (t/cm2)	SMAX (t/cm2)	F11 (t/cm)	F22 (t/cm)
	X (cm)	Y(cm)	Z (cm)						
3980	0,00	92,69	43,22	Top	-0,524	-0,086	0,158	-0,100	0,005
3989	0,00	138,12	59,50	Top	-0,133	0,485	0,573	-0,041	-0,015
3993	0,00	216,24	87,53	Top	-0,200	0,197	0,370	-0,001	0,027
3995	0,00	255,30	101,54	Top	-0,070	0,560	0,577	-0,010	0,028
3999	0,00	333,41	129,56	Top	-0,110	0,278	0,322	-0,038	-0,217
4001	0,00	352,12	136,27	Top	-0,250	0,069	0,149	-0,062	-0,217
3980	0,00	92,69	43,22	Bot	0,387	0,036	0,702		
3989	0,00	138,12	59,50	Bot	0,096	-0,371	0,273		
3993	0,00	216,24	87,53	Bot	0,189	-0,195	0,386		
3995	0,00	255,30	101,54	Bot	0,034	-0,699	0,056		
3999	0,00	333,41	129,56	Bot	0,022	-0,532	0,037		
4001	0,00	352,12	136,27	Bot	0,121	-0,172	0,190		

Tabla XX.- Esfuerzos locales en el ala en Bulárcama 22, Condición 1.

Los valores de esfuerzos que se desarrollan en la bulárcama 25 de la construcción original, son mayores que a los de la bulárcama 22 del bloque. Esto se debe a la mayor separación entre bulárcamas, aunque no se excede el límite de fluencia.

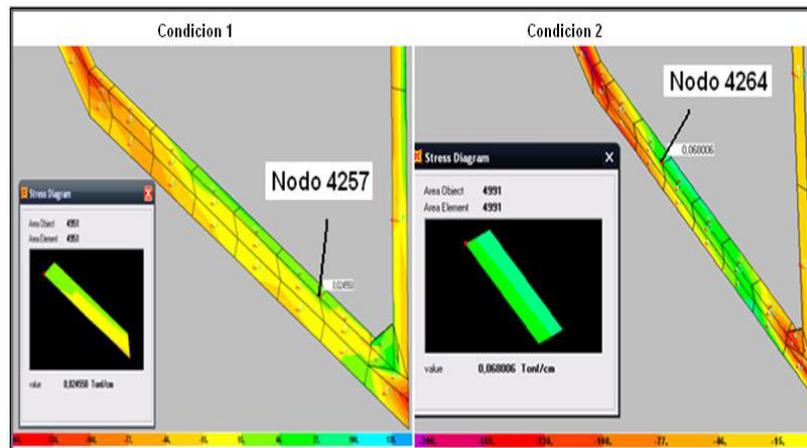


Figura 37. Esfuerzos S22 (dirección transversal) en la Bulárcama 25.

## Condición 2

En las Tablas XXI y XXII, se presentan los esfuerzos locales que se desarrollan en las alas de las bulárcamas 25 y 22 para esta condición.

Esfuerzos en el ala de la Bularcama 25									
Nodo	Posición espacial			Posición	S11 (t/cm <sup>2</sup> )	S22 (t/cm <sup>2</sup> )	SMAX (t/cm <sup>2</sup> )	F11 (t/cm)	F22 (t/cm)
	X (cm)	Y (cm)	Z (cm)						
4258	368,80	92,69	50,83	Top	-0,251	-0,131	-0,033	-0,221	-0,136
4257	368,80	138,12	67,12	Top	-0,061	0,017	0,092	-0,003	0,057
4262	368,80	216,23	95,14	Top	0,028	-0,014	0,113	0,038	0,052
4264	368,80	255,29	109,16	Top	0,055	0,081	0,145	0,050	0,068
4268	368,80	333,42	137,18	Top	-0,057	-0,253	0,009	-0,026	-0,130
4269	368,80	352,12	143,88	Top	-0,236	-0,287	-0,109	-0,119	-0,201
4258	368,80	92,69	50,83	Bot	-0,298	-0,210	-0,101		
4257	368,80	138,12	67,12	Bot	-0,030	0,125	0,189		
4262	368,80	216,23	95,14	Bot	0,067	0,144	0,183		
4264	368,80	255,29	109,16	Bot	0,079	0,089	0,169		
4268	368,80	333,42	137,18	Bot	-0,008	-0,071	0,098		
4269	368,80	352,12	143,88	Bot	-0,050	-0,216	0,087		

Tabla XXI.- Esfuerzos locales del ala en Bulárcama 25, Condición 2.

Esfuerzos en el ala de la Bularcama 22									
Nodo	Posición espacial			Posición	S11 (t/cm <sup>2</sup> )	S22 (t/cm <sup>2</sup> )	SMAX (t/cm <sup>2</sup> )	F11 (t/cm)	F22 (t/cm)
	X (cm)	Y (cm)	Z (cm)						
3980	0,00	92,69	43,22	Top	-0,304	-0,200	0,067	-0,245	-0,169
3989	0,00	138,12	59,50	Top	-0,166	-0,012	0,105	-0,127	-0,004
3993	0,00	216,24	87,53	Top	-0,050	-0,032	0,181	0,014	0,074
3995	0,00	255,30	101,54	Top	-0,051	-0,012	0,182	0,012	-0,047
3999	0,00	333,41	129,56	Top	-0,021	-0,222	0,077	-0,035	-0,193
4001	0,00	352,12	136,27	Top	-0,408	-0,036	0,030	-0,080	-0,095
3980	0,00	92,69	43,22	Bot	-0,297	-0,223	0,083		
3989	0,00	138,12	59,50	Bot	-0,151	0,002	0,127		
3993	0,00	216,24	87,53	Bot	0,084	0,216	0,365		
3995	0,00	255,30	101,54	Bot	0,081	-0,107	0,206		
3999	0,00	333,41	129,56	Bot	-0,067	-0,256	0,017		
4001	0,00	352,12	136,27	Bot	0,209	-0,199	0,336		

Tabla XXII.- Esfuerzos locales del ala en Bulárcama 22, Condición 2.

Se nota que los esfuerzos están muy por debajo del esfuerzo de fluencia del acero estándar, por lo que se espera que este elemento estructural no falle.

## Comparación

En las Tablas XXIII y XXIV, se muestran los F11 y F22, y se nota que las fuerzas en la condición 2 son mayores que en la 1, por la aplicación de las presiones en el forro interior y exterior, es decir, se desarrollan mayores fuerzas cuando se aplica presión en las dos direcciones.

F11 y F22 en el ala de la Bularcama 25									
						Condicion 1		Condicion 2	
Posición espacial					Posición Espesor	F11 (t/cm)	F22 (t/cm)	F11 (t/cm)	F22 (t/cm)
Nº	Nodo	X (cm)	Y(cm)	Z (cm)					
1	4258	368,80	92,69	50,83	Ala	-0,102	-0,027	-0,221	-0,136
2	4257	368,80	138,12	67,12	Ala	0,016	0,025	-0,003	0,057
3	4262	368,80	216,23	95,14	Ala	0,012	0,010	0,038	0,052
4	4264	368,80	255,29	109,16	Ala	0,022	0,025	0,050	0,068
5	4268	368,80	333,42	137,18	Ala	-0,051	-0,098	-0,026	-0,130
6	4269	368,80	352,12	143,88	Ala	-0,124	-0,142	-0,119	-0,201

Tabla XXIII.- Comparación de las Fuerzas en la Bulárcama 25.

F11 y F22 en el ala de la Bularcama 22									
						Condicion 1		Condicion 2	
Posición espacial					Posición Espesor	F11 (t/cm)	F22 (t/cm)	F11 (t/cm)	F22 (t/cm)
Nº	Nodo	X (cm)	Y(cm)	Z (cm)					
1	3980	0,00	92,69	43,22	Ala	-0,100	0,005	-0,245	-0,169
2	3989	0,00	138,12	59,50	Ala	-0,041	-0,015	-0,127	-0,004
3	3993	0,00	216,24	87,53	Ala	-0,001	0,027	0,014	0,074
4	3995	0,00	255,30	101,54	Ala	-0,010	0,028	0,012	-0,047
5	3999	0,00	333,41	129,56	Ala	-0,038	-0,217	-0,035	-0,193
6	4001	0,00	352,12	136,27	Ala	-0,062	-0,217	-0,080	-0,095

Tabla XXIV.- Comparación de las Fuerzas en la Bulárcama 22.

En la Figura 38 y 39, se observa la variación de las fuerzas a lo largo de las bulárcamas para las dos condiciones.

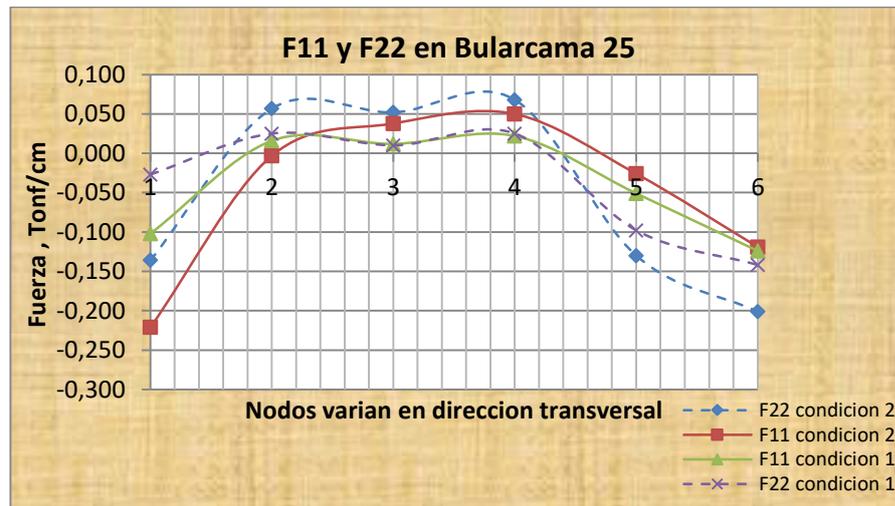


Figura 38.- Fuerzas internas en las 2 condiciones, Bulárcama 25.

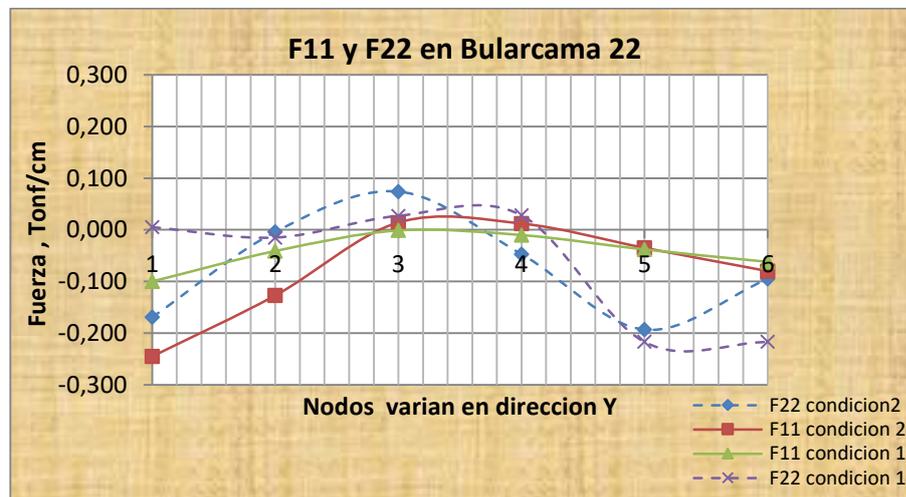


Figura 39.- Fuerzas internas en las 2 condiciones, en Bulárcama 22.

### 3.3 Análisis de Esfuerzos en Mamparos Longitudinales y Transversales.

#### Esfuerzos en Mamparo Longitudinal.

En este caso las bodegas de carga están llenas de combustible y se ejerce presión hidrostática sobre el mamparo longitudinal. Los mayores niveles de esfuerzos se presentan en las zonas en donde se interceptan con los mamparos transversales. En el modelo estructural se han tomado 4 nodos representativos que comprenden la intercepción de un mamparo longitudinal y dos transversales; en la Figura 40 se muestra los nodos de referencia considerados, recordándose que los mamparos 24 y 26 forman la bodega 2 del bloque insertado.

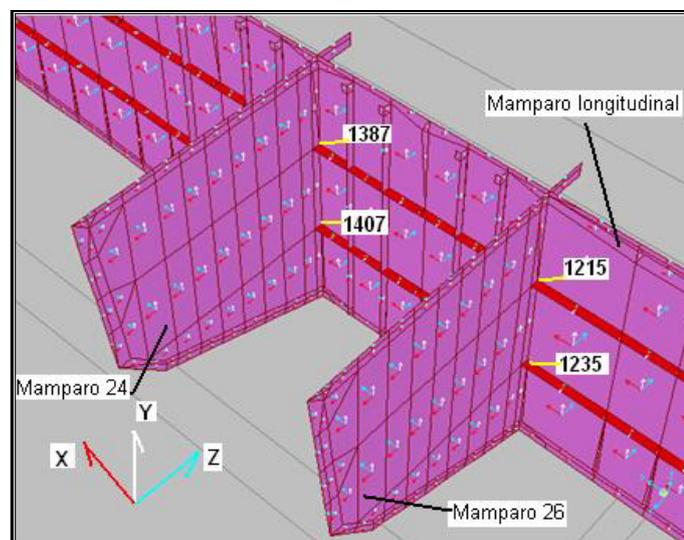


Figura 40.-Nodos y ejes locales en el mamparo longitudinal.

En las Tablas XXV y XXVI, se presentan los valores de los esfuerzos que se desarrollan en los nodos de referencia. Los esfuerzos en las dos condiciones,

son bajos en relación con el esfuerzo de fluencia, concluyendo que se espera que esta estructura local no falle.

Esfuerzos en Mamparo Longitudinal									
Nodo	Posición espacial			Posición Espesor	S11 (t/cm <sup>2</sup> )	S22 (t/cm <sup>2</sup> )	SMAX (t/cm <sup>2</sup> )	F11 (t/cm)	F22 (t/cm)
	X (cm)	Y (cm)	Z (cm)						
1215	195,08	60,00	318,05	Top	0,092	0,139	0,269	0,088	0,115
1235	195,08	60,00	168,05	Top	0,041	0,165	0,272	0,048	0,140
1387	195,08	60,00	318,05	Top	0,134	0,159	0,309	0,120	0,132
1407	195,08	60,00	168,05	Top	-0,012	0,165	0,277	0,014	0,142
1215	195,08	60,00	318,05	Bot	0,129	0,153	0,272		
1235	195,08	60,00	168,05	Bot	0,066	0,191	0,302		
1387	195,08	60,00	318,05	Bot	0,172	0,176	0,336		
1407	195,08	60,00	168,05	Bot	0,021	0,192	0,299		

Tabla XXV.- Esfuerzos en el mamparo longitudinal en condición 1.

Esfuerzos en Mamparos Longitudinales									
Nodo	Posición espacial			Posición Espesor	S11 (t/cm <sup>2</sup> )	S22 (t/cm <sup>2</sup> )	SMAX (t/cm <sup>2</sup> )	F11 (t/cm)	F22 (t/cm)
	X (cm)	Y (cm)	Z (cm)						
1215	195,08	60,00	318,05	Top	0,085	0,027	0,121	0,073	0,030
1235	195,08	60,00	168,05	Top	-0,027	0,013	0,051	-0,013	0,021
1387	195,08	60,00	318,05	Top	0,147	0,039	0,157	0,112	0,035
1407	195,08	60,00	168,05	Top	-0,073	0,006	0,015	-0,049	0,014
1215	195,08	60,00	318,05	Bot	0,114	0,051	0,158		
1235	195,08	60,00	168,05	Bot	-0,015	0,044	0,098		
1387	195,08	60,00	318,05	Bot	0,159	0,053	0,173		
1407	195,08	60,00	168,05	Bot	-0,067	0,032	0,038		

Tabla XXVI.- Esfuerzos en el mamparo longitudinal en condición 2.

En la condición 1 se presentan mayores niveles de esfuerzos en el mamparo, como resultado de la presión hidrostática en el forro interior de las bodegas. Los valores de esfuerzos máximos se producen en nodos de intercepción del mamparo longitudinal con los transversales.

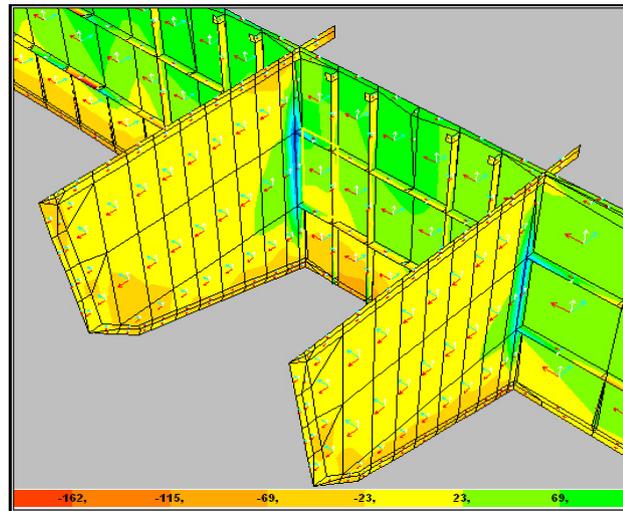


Figura 41.- Niveles de esfuerzo de la Fuerza interna en la conexión con el mamparo transversal en la condición 1.

### **Esfuerzos en Mamparo Transversal 24, condición 1**

En este caso las bodegas se encuentran llenas con combustible, ejerciendo presión hidrostática sobre los mamparos; en la Figura 42, se identifican los nodos donde se desarrollan los esfuerzos elevados en el mamparo 24. Se puede observar los ejes locales definidos, donde Z apunta en la dirección de la aplicación de la presión hidrostática cuando se llenan las bodegas, la dirección 1 tiene dirección transversal y la 2 tiene dirección vertical.

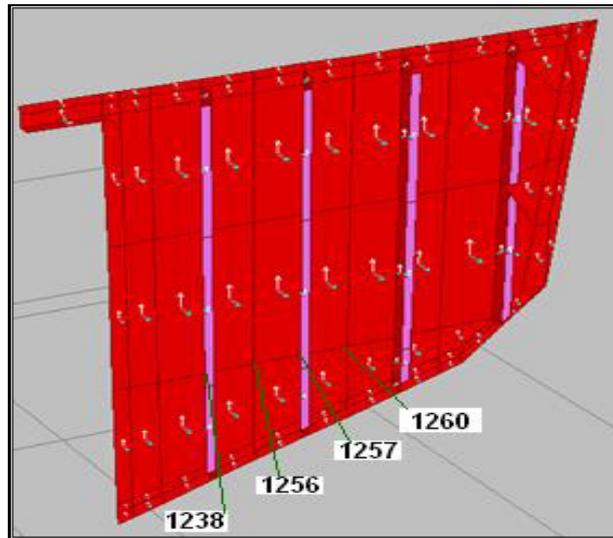


Figura 42.- Nodos de referencia y ejes locales en el Mamparo 24.

En la Tabla XXVII, se presentan los valores de los esfuerzos que se desarrollan en los nodos de referencia. El valor de máximo esfuerzo que se desarrolla es  $2.16 \frac{t}{cm^2}$ , y se produce en la dirección 1, que corresponde a la dirección del eje más corto del panel; este esfuerzo no sobrepasa el de fluencia del acero.

Esfuerzos en Mamparo Transversal 24									
Nodo	Posición espacial			Posición Espesor	S11 (t/cm <sup>2</sup> )	S22 (t/cm <sup>2</sup> )	SMAX (t/cm <sup>2</sup> )	F11 (t/cm)	F22 (t/cm)
	X (cm)	Y(cm)	Z (cm)						
1238	195,80	134,64	168,05	Top	-1,474	-0,487	-0,483	0,031	-0,019
1256	195,08	173,70	168,05	Top	2,168	0,781	2,174	0,011	-0,032
1257	195,08	212,76	168,05	Top	-1,964	0,643	-0,635	0,004	-0,033
1260	195,08	251,85	168,05	Top	1,893	0,757	1,906	-0,011	-0,034
1238	195,80	134,64	168,05	Bot	1,571	0,427	1,574		
1256	195,08	173,70	168,05	Bot	-2,133	-0,883	0,877		
1257	195,08	212,76	168,05	Bot	1,977	0,540	1,984		
1260	195,08	251,85	168,05	Bot	-1,909	-0,863	-0,852		

Tabla XXVII.- Esfuerzos en el Mamparo 24 en condición 1.

Los mayores esfuerzos se presentan en la mitad de la plancha entre los refuerzos verticales; los resultados de esfuerzos en el mamparo son similares al de una viga empotrada en los extremos.

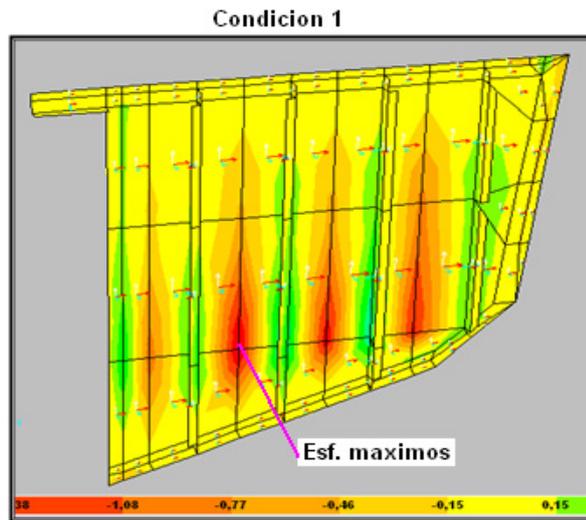


Figura 43.- Niveles de Esfuerzo S11 (dirección transversal).

### 3.4 Análisis de Esfuerzos en las Conexiones.

Dado que había diferencias entre la estructura original y la del bloque insertado, es importante analizar la región que los conecta. El punto de conexión más interesante de analizar es entre las quillas original y nueva, que se encuentra ubicado longitudinalmente entre las varengas 23 y 24. Se han seleccionado los nodos en el ala de las quillas y un nodo inferior en la zapata de asentamiento de la quilla, ver Figura 44. Adicionalmente se muestra la dirección de los ejes locales el ala de las quillas, teniendo que el 1 apunta en dirección longitudinal, y el 2 en dirección transversal.

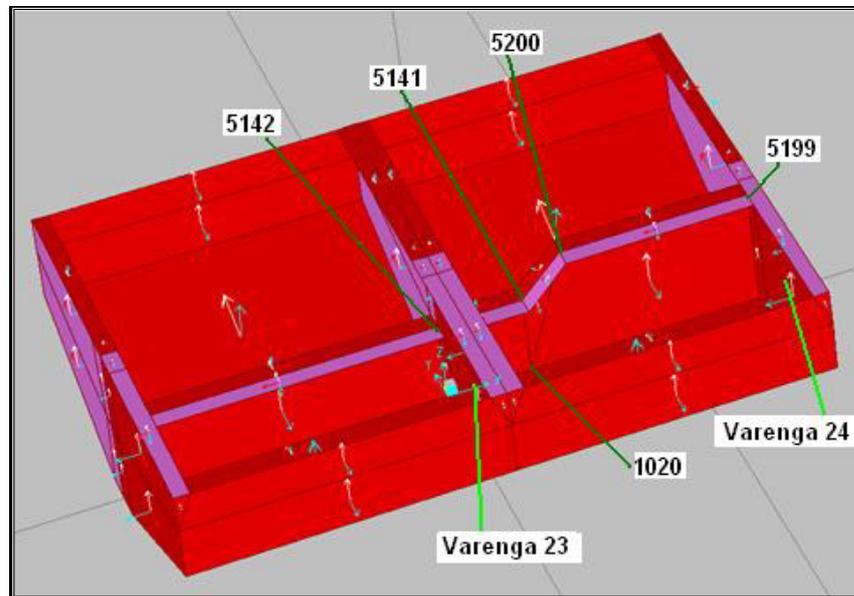


Figura 44.- Esfuerzos en la conexión de las quillas original y nueva.

#### **Esfuerzos en Conexión de Quilla.**

En la Tabla XXVIII y XXIX, se muestran los valores de los esfuerzos y fuerzas internas que se desarrollan en nodos ubicados en la conexión de las quillas. Se concluye que los valores de esfuerzos que se desarrollan en la unión de las quillas son bajos por los que no son de gran importancia, ver Figura 45. Parece que el escantillonado de la quilla del bloque que se insertó es sobre dimensionado para las condiciones de carga aquí analizadas, lo que se evidencia por los bajos valores de esfuerzos.

Esfuerzos en Conexión de la quilla									
Nodo	Posición espacial			Posición Espesor	S11 (t/cm <sup>2</sup> )	S22 (t/cm <sup>2</sup> )	SMAX (t/cm <sup>2</sup> )	F11 (t/cm)	F22 (t/cm)
	X (cm)	Y(cm)	Z (cm)						
5199	76,20	0,00	30,48	Top	-0,020	-0,060	-0,017	-0,044	-0,049
5200	30,48	0,00	30,48	Top	0,012	0,007	0,022	0,012	0,002
5141	20,32	0,00	20,32	Top	0,022	0,002	0,038	0,015	-0,004
5142	0,00	0,00	20,32	Top	-0,003	-0,041	0,003	-0,018	-0,006
1020	20,32	0,00	0,00	Top	-0,016	-0,022	-0,007	-0,022	0,007
5199	76,20	0,00	30,48	Bot	-0,020	-0,060	-0,017		
5200	30,48	0,00	30,48	Bot	-0,012	0,007	0,022		
5141	20,32	0,00	20,32	Bot	0,022	0,002	0,037		
5142	0,00	0,00	20,32	Bot	-0,003	-0,041	0,003		
1020	20,32	0,00	0,00	Bot	-0,006	0,036	0,041		

Tabla XXVIII. Esfuerzos y Fuerzas locales en condición 1.

Esfuerzos en Conexión de la quilla									
Nodo	Posición espacial			Posición Espesor	S11 (t/cm <sup>2</sup> )	S22 (t/cm <sup>2</sup> )	SMAX (t/cm <sup>2</sup> )	F11 (t/cm)	F22 (t/cm)
	X (cm)	Y(cm)	Z (cm)						
5199	76,20	0,00	30,48	Top	-0,037	-0,053	-0,023	0,057	-0,031
5200	30,48	0,00	30,48	Top	-0,008	-0,002	0,009	-0,015	-0,004
5141	20,32	0,00	20,32	Top	-0,041	-0,034	-0,009	0,005	-0,009
5142	0,00	0,00	20,32	Top	-0,017	-0,028	0,003	-0,029	-0,006
1020	20,32	0,00	0,00	Top	-0,039	-0,032	-0,005	-0,056	0,006
5199	76,20	0,00	30,48	Bot	-0,033	-0,034	-0,018		
5200	30,48	0,00	30,48	Bot	-0,008	-0,003	0,013		
5141	20,32	0,00	20,32	Bot	0,049	0,025	0,066		
5142	0,00	0,00	20,32	Bot	-0,024	-0,037	-0,004		
1020	20,32	0,00	0,00	Bot	-0,040	-0,008	-0,004		

Tabla XXIX. Esfuerzos y Fuerzas locales en condición 2.

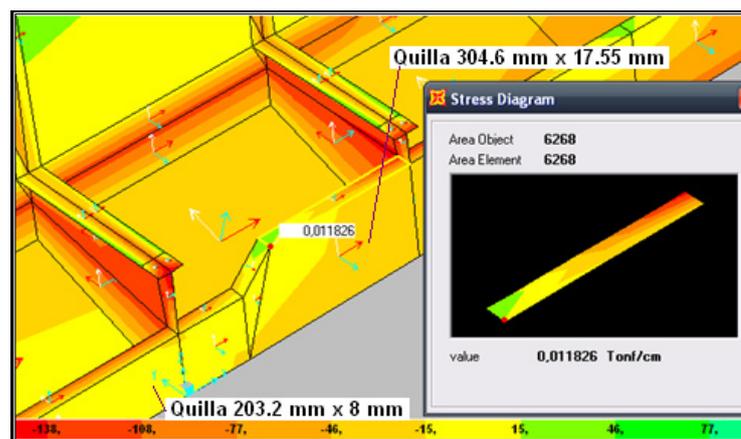


Figura 45. Niveles de Fuerza en el plano, F11 (dirección longitudinal) en la conexión de la quilla original con la actual.

## CONCLUSIONES

Se desarrolló un modelo estructural en SAP2000 del bloque insertado en el B/P Doña Maruja para ser analizado por el Método de Elementos Finitos. Este modelo comprende una longitud de 16.90 m, y contiene al bloque de 7.0 m que se insertó en Sección Media. Los elementos estructurales, planchaje, y refuerzos primarios y secundarios fueron generados con elementos planos, utilizando 6041 nodos y 7902 elementos "Shell". Del análisis de resultados podemos concluir lo siguiente:

1. En el modelo estructural se representaron todos los elementos estructurales, planchaje, refuerzos primarios y secundarios, y, detalles de conexiones en forma similar a la embarcación real, para lo cual se utilizó únicamente elementos planos; estos elementos incluyen efecto de flexión y de esfuerzo plano. Por lo que este modelo es adecuado para el análisis de esfuerzos propuesto.
2. Para el análisis de esfuerzos se han realizado las siguientes consideraciones: se redujo en 1.5 mm los espesores de planchaje y estructurales por efectos de corrosión y se aumentó un 20% la presión hidrostática para incluir los efectos dinámicos. De manera que las

distribuciones de esfuerzo obtenidas se espera que representen las condiciones reales en la operación de la embarcación.

3. El planchaje de fondo desarrolla niveles de esfuerzos máximos en la dirección del lado corto, esto es, en dirección transversal, con un valor extremo de  $2.01 \frac{\text{Ton}}{\text{cm}^2}$ , en la condición 1. Además en el centro, estos esfuerzos son mayores que los desarrollados en los bordes, por lo que en realidad no se podría considerar este panel de plancha ni como empotrado, ni como S. Soportado. Sin embargo, dado que el esfuerzo máximo está por debajo del límite de Fluencia, no se espera falla del planchaje.
4. En las bulárcamas de la construcción original, los esfuerzos en la conexión del ala con el alma son menores que en las bulárcamas de la construcción nueva (dentro del bloque insertado), dado que estas últimas están más separadas. Además, los valores de esfuerzo asemejan a la distribución de una viga empotrada en los extremos.
5. En los mamparos longitudinales los esfuerzos máximos se presentan en la intersección con los mamparos transversales, sin embargo, los valores son bajos y no se esperaría que la estructura falle. En el mamparo transversal el valor extremo de esfuerzo es de  $2.16 \frac{\text{Ton}}{\text{cm}^2}$  y se presenta en el zona baja del mamparo entre refuerzos cuando se

llenar las bodegas de carga; este esfuerzo no sobre pasa el límite de fluencia.

6. En la conexión de las quillas original con la nueva se desarrollan los niveles más bajos de esfuerzos, señal de sobre dimensionamiento del escantillado, en las condiciones de carga aquí analizadas.
7. En conclusión todos los esfuerzos desarrollados en todas las zonas del bloque están por debajo del esfuerzo de fluencia del acero naval, en las condiciones de carga analizadas.

## RECOMENDACIONES

1. Sería recomendable someter al modelo estructural desarrollado para realizar un análisis de los esfuerzos que se producen considerando el varamiento de la embarcación. Sería muy interesante determinar por ejemplo los niveles de esfuerzo en la zona de conexión de la estructura original, con la disposición del bloque insertado, considerando la acción de las Reacciones de los bloques de la cámara de varamiento.

## ANEXO A

### Determinación de longitud del bloque

La embarcación original lleva 27000 galones de diesel en los tanques de combustible, y requiere 38000 galones ( $143.85 \text{ m}^3$ ) adicionales a ser transportados en las bodegas 1 y 2. En la Figura 12, [8] se muestra la Sección transversal de las bodegas en la cuaderna 23 donde se realizó el corte. Conociendo el área seccional neta y el volumen que se necesita para transportar la capacidad adicional de combustible, se calcula la longitud del bloque a insertar.

$$\text{Área transversal de las bodegas de pesca} = 20.44 \text{ m}^2$$

$$\text{Volumen requerido para capacidad adicional} = 143.85 \text{ m}^3$$

$$\text{longitud del bloque a insertar} = \frac{143.85 \text{ m}^3}{20.44 \text{ m}^2} = 7.03 \text{ m}$$

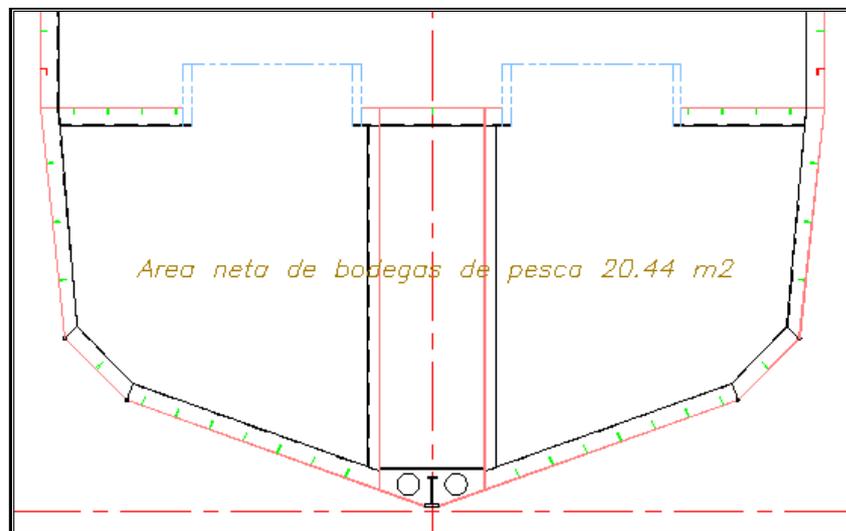


Figura 12.- Área transversal de las bodegas de pesca en la cuaderna 23.

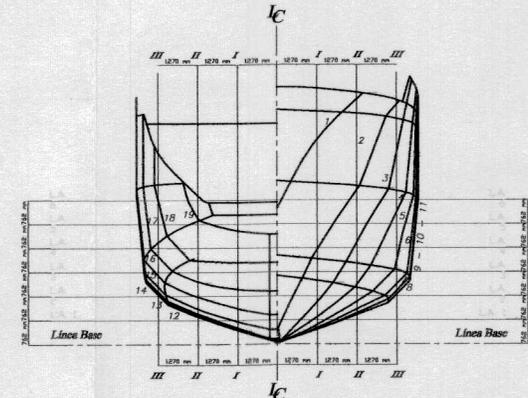
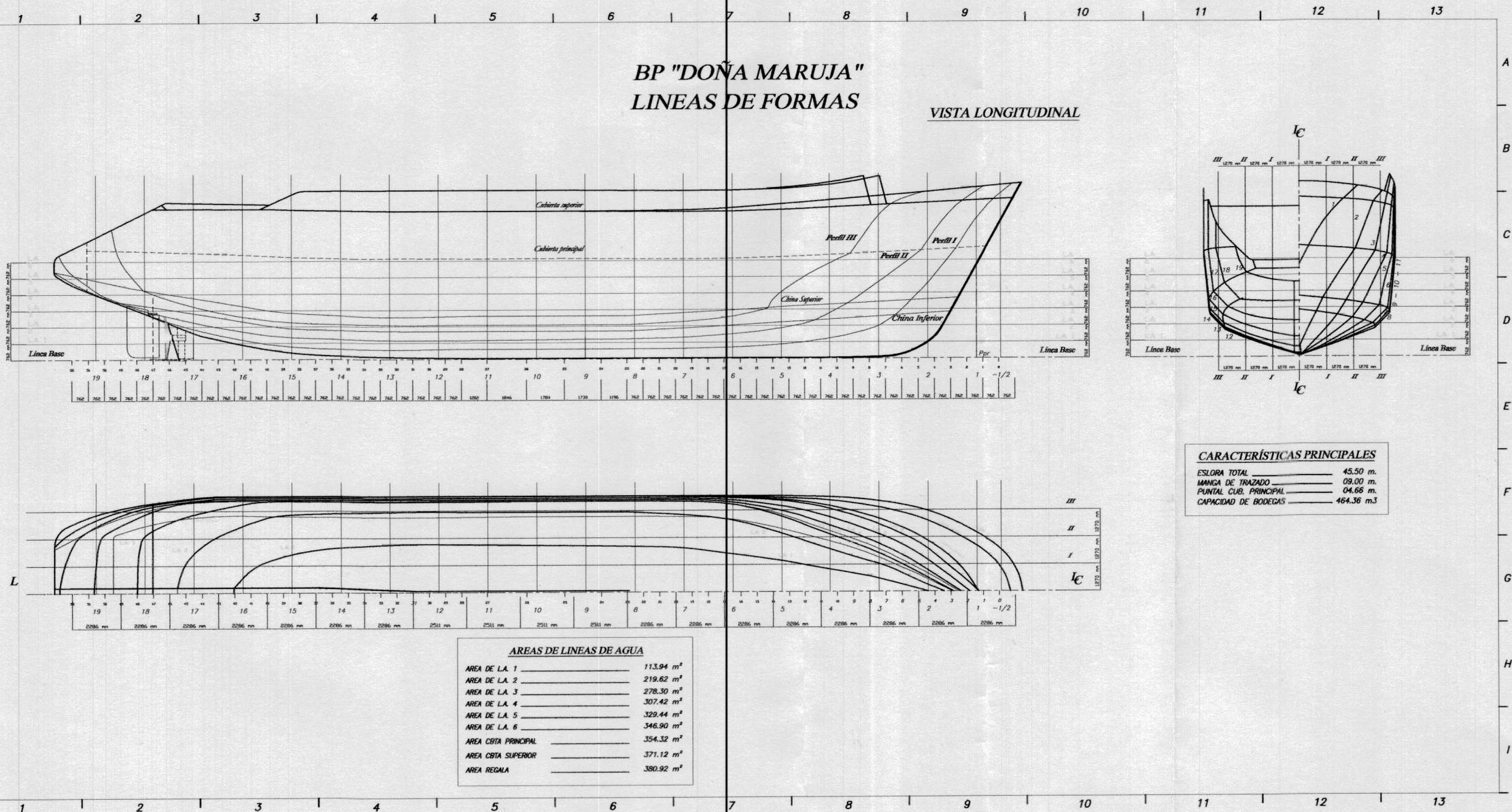
En la Tabla VII, se muestran las capacidades de tanques y bodegas en las que se lleva combustible al salir de puerto, antes y después del proyecto. La capacidad total de combustible con la que sale de puerto cumple con el requerimiento del armador. En la condición inicial en la bodega 1 de estribor se lleva agua dulce y las bodegas 2 se llevan vacías por ser las primeras bodegas en ser llenadas con pesca.

<b>CAPACIDADES</b>		
<b>ITEM</b>	<b>Volumen inicial</b>	<b>Volumen final</b>
	<b>(Galones)</b>	<b>(Galones)</b>
TC N° 1 PROA	8000	8000
TC N° 2 BABOR	6000	6000
TC N° 2 ESTRIBOR	6000	6000
TC N° 3 BABOR	3500	3500
TC N° 3 ESTRIBOR	3500	3500
BODEGA N° 1 BABOR	9750	9037
BODEGA N° 1 ESTRIBOR	--	9037
BODEGA N° 2 BABOR	--	9819
BODEGA N° 2 ESTRIBOR	--	9819
<b>TOTAL</b>	<b>36750</b>	<b>64712</b>

Tabla VII.- Tabla comparativa de la capacidad de combustible antes y después del alargamiento [9].

**BP "DOÑA MARUJA"**  
**LÍNEAS DE FORMAS**

VISTA LONGITUDINAL



**CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES**

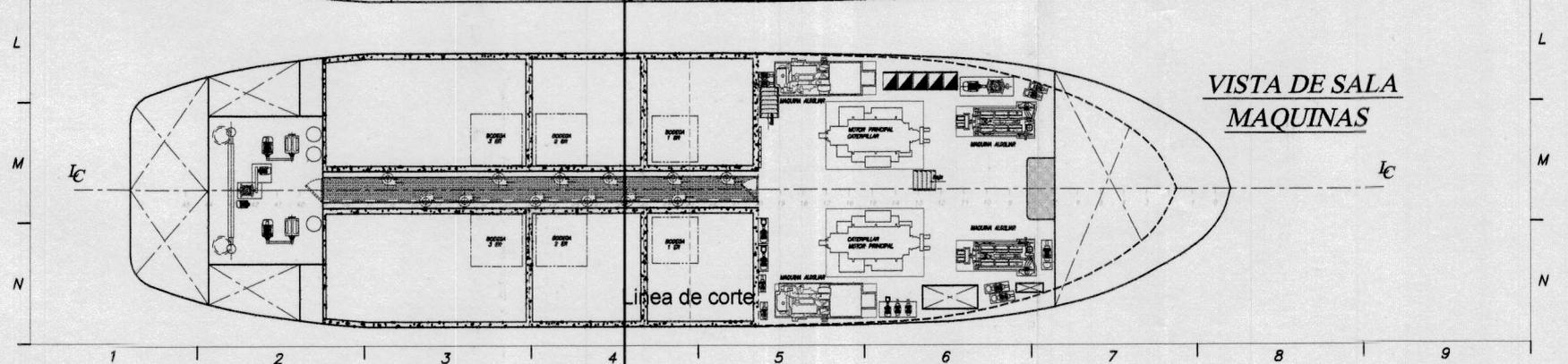
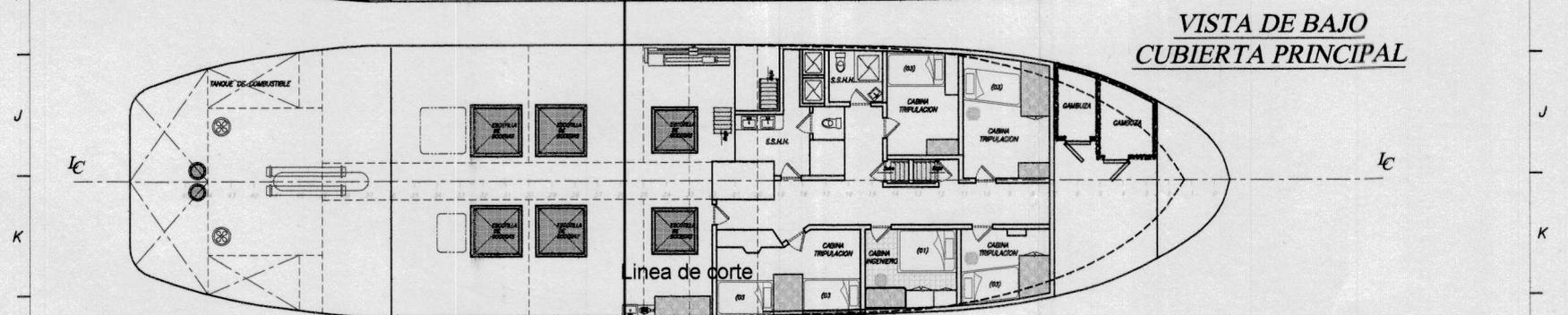
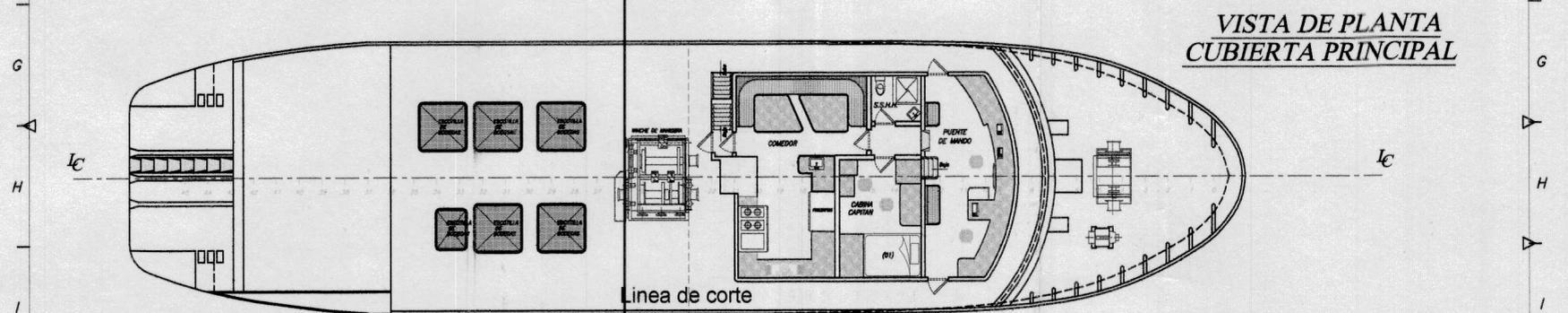
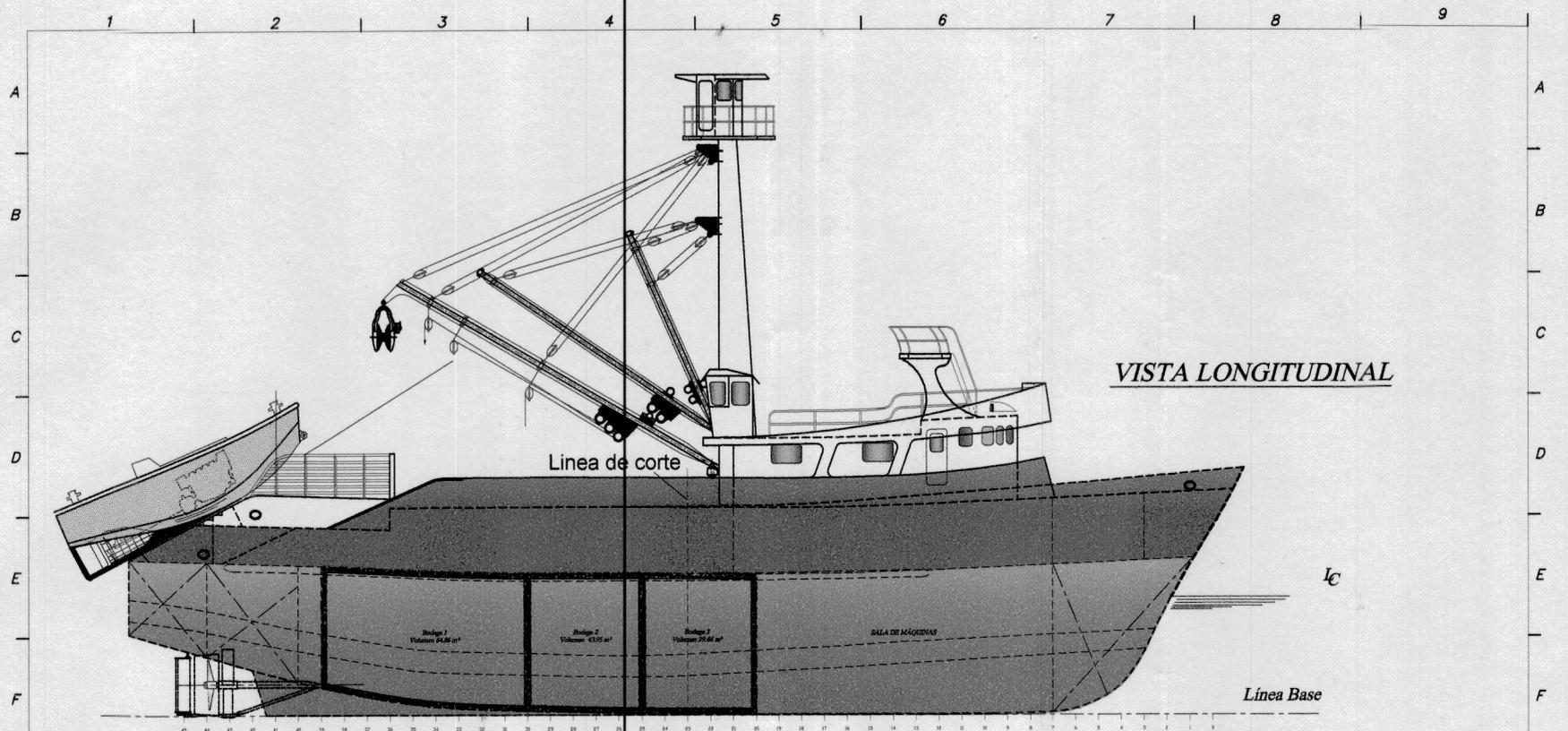
ESLORA TOTAL	45.50 m.
MANCA DE TRAZADO	09.00 m.
PUNTA CUB. PRINCIPAL	04.66 m.
CAPACIDAD DE BODEGAS	464.36 m <sup>3</sup>

**AREAS DE LINEAS DE AGUA**

AREA DE LA. 1	113.94 m <sup>2</sup>
AREA DE LA. 2	219.62 m <sup>2</sup>
AREA DE LA. 3	278.30 m <sup>2</sup>
AREA DE LA. 4	307.42 m <sup>2</sup>
AREA DE LA. 5	329.44 m <sup>2</sup>
AREA DE LA. 6	346.90 m <sup>2</sup>
AREA CUBA PRINCIPAL	354.32 m <sup>2</sup>
AREA CUBA SUPERIOR	371.12 m <sup>2</sup>
AREA REGALA	380.92 m <sup>2</sup>

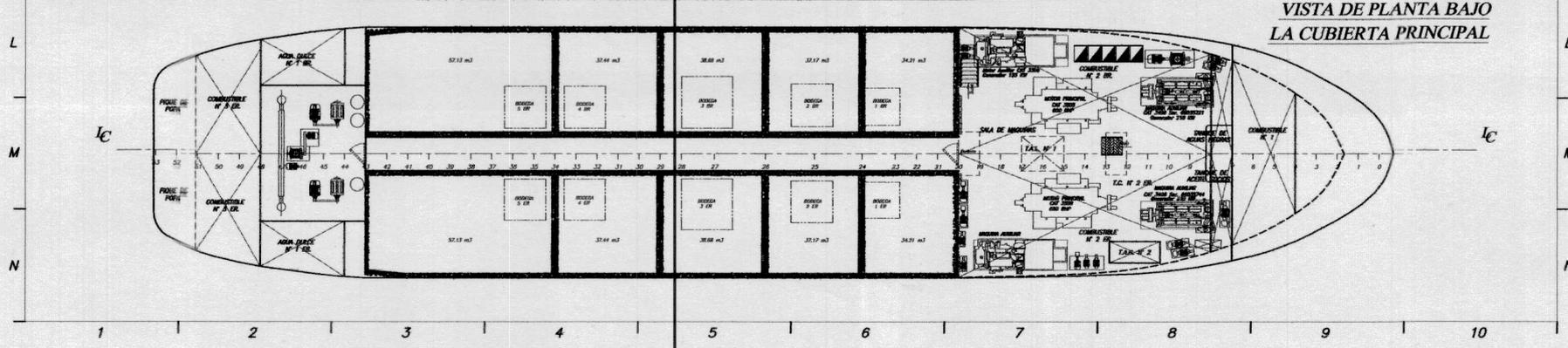
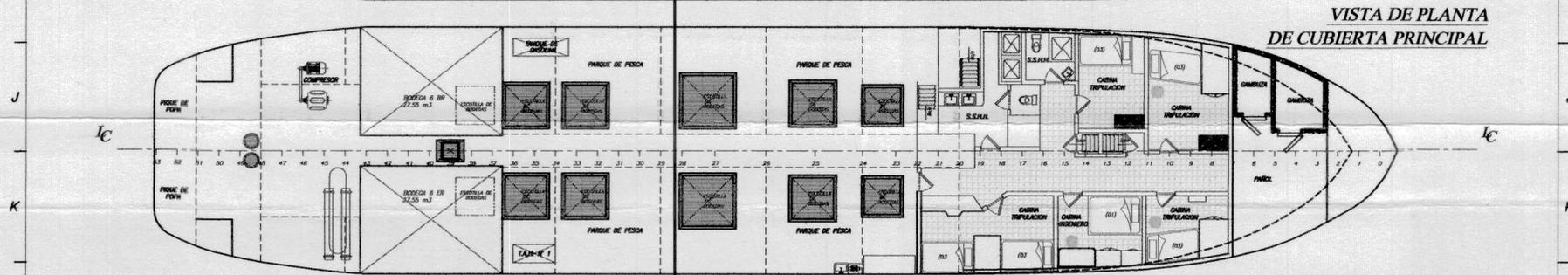
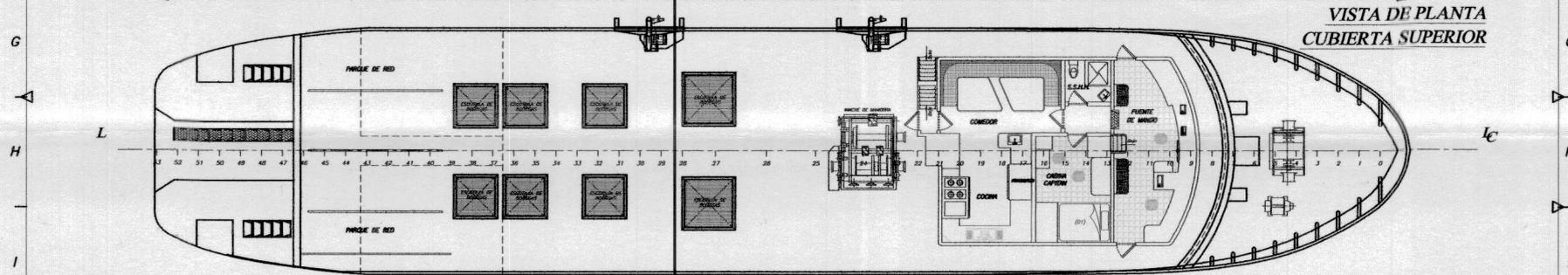
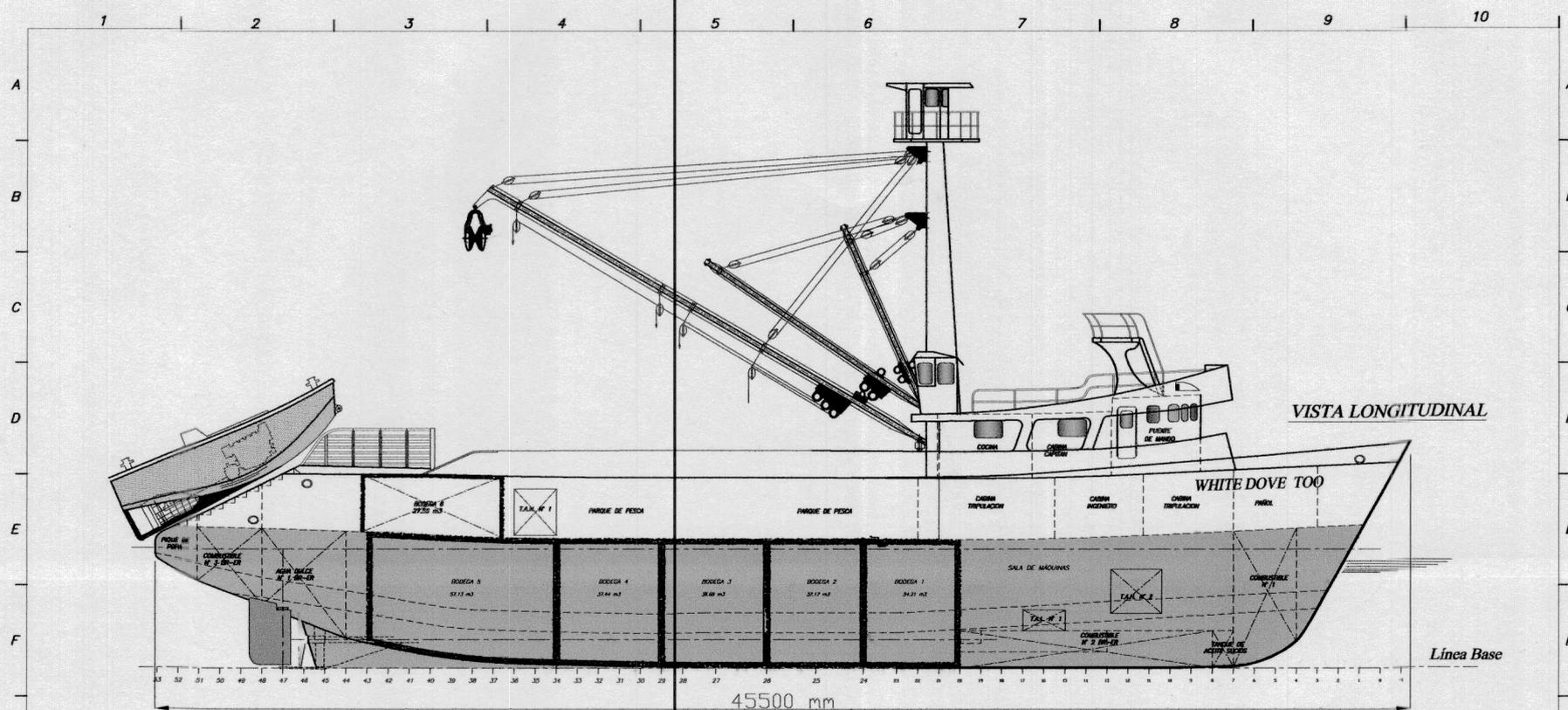
**ANEXO B**

**Figura 3.- Plano de Líneas de Formas del BP Doña Maruja.**



**ANEXO C**

**Figura 4.A. Plano de Distribución General antes del alargamiento.**







**Figura 4.B. Plano de Distribución General después del alargamiento.**

**ANEXO D**

**Figura 5.B- Plano estructural final de la embarcación del BP Doña Maruja.**

**ANEXO E**

**Figura 6.- Plano de capacidades de los tanques del BP Doña Maruja.**

## ANEXO F

### Aumento de capacidades en las bodegas.

En la Tabla VIII, se muestra las capacidades en las bodegas bajo cubierta principal y parque de pesca, el volumen de pesca que se obtiene al llenar sus bodegas cumple con el requerimiento solicitado por el armador.

<b>BODEGAS DE PESCA</b>		
<b>ITEM</b>	<b>Volumen inicial</b>	<b>Volumen final</b>
	<b>(m3)</b>	<b>(m3)</b>
BODEGA N° 1 BAVOR	36.90	34.21
BODEGA N° 1 ESTRIBOR	36.90	34.21
BODEGA N° 2 BAVOR	37.44	37.17
BODEGA N° 2 ESTRIBOR	37.44	37.17
BODEGA N° 3 BAVOR	57.13	38.68
BODEGA N° 3 ESTRIBOR	57.13	38.68
BODEGA N° 4 BAVOR	--	37.44
BODEGA N° 4 ESTRIBOR	--	37.44
BODEGA N° 5 BAVOR	--	57.13
BODEGA N° 5 ESTRIBOR	--	57.13
BODEGA N° 6 BAVOR	--	27.55
BODEGA N° 6 ESTRIBOR	--	27.55
<b>TOTAL</b>	<b>262.94</b>	<b>464.36</b>

Tabla VIII.- Capacidades en las bodegas de pesca antes y después del alargamiento en el BP Doña Maruja, [9].

## ANEXO G

## Cálculos de calados para las condiciones de carga

## Condición 1 (Salida de puerto con bodegas llenas).

Se detallan todos los pesos que se encuentran a bordo de la embarcación en su condición de salida de puerto.

## CONDICIÓN 1

Condición	Item	Descripción	Centro de Gravedad			Momento		
			Peso Ton	LCG (X) m	VCB (Z) m	MX Ton - m	MZ Ton - m	Sup. Libre Ton - m
Desplazamiento en rosca	1	Desplazamiento	590,57	-1,55	4,91	-93,00	2899,38	0,00
Tripulantes abordo	2	18 Tripulantes abordo	1,35	-1,50	7,67	-2,03	10,35	0,00
100% de provisiones	3	Viveres en las Gambuzas	0,80	18,98	5,81	15,18	4,65	0,00
100% combustible	4	Tanque de combustible Nº 1 Proa	26,34	18,41	2,96	484,99	77,98	0,00
100% combustible	5	Tanque de Combustible Nº 2 PR ER	19,76	11,98	0,70	236,70	13,83	0,00
100% combustible	6	Tanque de Combustible Nº 2 PR BR	19,76	11,98	0,70	236,70	13,83	0,00
100% combustible	7	Tanque de Combustible Nº 3 PP ER	11,52	-19,31	3,95	-222,43	45,50	0,00
100% combustible	8	Tanque de Combustible Nº 3 PP BR	11,52	-19,31	3,95	-222,43	45,50	0,00
Lleno con 200 gals.	9	Tanque de Gasolina en PP	0,66	-4,65	5,64	-3,06	3,71	0,00
Lleno con 480 gals.	10	Tanque de aceite para motores S.M	1,51	10,41	0,97	15,70	1,46	0,00
Lleno con 620 gals.	11	Tanque de aceite hidraulico S.M	1,95	13,75	2,77	26,78	5,40	0,00
Lleno con 400 gals.	12	Tanque de aceite hidraulico PP	1,26	-4,48	5,69	-5,63	7,15	0,00
100% agua dulce	13	Tanque de agua dulce PP ER	9,46	-16,65	3,40	-157,51	32,16	0,00
100% agua dulce	14	Tanque de agua dulce PP BR	9,46	-16,65	3,40	-157,51	32,16	0,00
100% combustible	15	Bodega Nº 1 Estribor	29,76	5,58	2,35	166,07	69,94	0,00
100% combustible	16	Bodega Nº 1 Babor	29,76	5,58	2,35	166,07	69,94	0,00
100% combustible	17	Bodega Nº 2 Estribor	32,34	2,11	2,35	68,24	76,00	0,00
100% combustible	18	Bodega Nº 2 Babor	32,34	2,11	2,35	68,24	76,00	0,00
100% con lastre	19	Bodega Nº 3 Estribor	39,65	-1,54	2,36	-61,06	93,57	0,00
100% con lastre	20	Bodega Nº 3 Babor	39,65	-1,54	2,36	-61,06	93,57	0,00
vacías	21	Bodega Nº 4 Estribor	0,00	-5,37	2,38	0,00	0,00	0,00
vacías	22	Bodega Nº 4 Babor	0,00	-5,37	2,38	0,00	0,00	0,00
80% de Salmuera preparada	23	Bodega Nº 5 Estribor	52,56	-10,86	2,67	-570,80	140,33	0,00
80% de Salmuera preparada	24	Bodega Nº 5 Babor	52,56	-10,86	2,67	-570,80	140,33	0,00
Vacia	25	Bodega Nº 6 Estribor	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vacia	26	Bodega Nº 6 Babor	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
500 sacos de sal	27	Sacos de sal en parque de pesca	25,00	0,24	5,78	6,00	144,50	0,00
speed boat	28	Peso de speed boat 1	0,70	4,28	8,59	3,00	6,01	0,00
speed boat	29	Peso de speed boat 2	0,70	-5,50	8,59	-3,85	6,01	0,00
Abordo	30	Peso de la Panga	14,00	-19,55	7,04	-273,70	98,56	0,00
Abordo	31	Peso de la Red	28,00	-12,58	8,82	-352,24	246,96	0,00
<b>Desplazamiento Total</b>			<b>1082,92</b>	<b>Momentos Totales</b>		<b>-2083,43</b>	<b>4454,79</b>	<b>0,00</b>

GGI	0,000	m	
VCB	4,114	m	(desde línea base)
VCB corregido	4,114	m	(desde línea base)
LCG	-1,924	m	(desde sección media)
			(+)proa, (-) popa

Tabla X.- Detalle de pesos a bordo de la embarcación para condición 1.

Conociendo el desplazamiento, LCG y VCG de la tabla de detalles de pesos, se uso, el programa SHCP , [5], para calcular el calado en esta condición.

EMBARCACION : B/P DONA MARUJA

NUMERO DE SERIE : 1

FECHA : 01/09/10

CURVAS DE ESTABILIDAD ESTATICA INTACTA

DESPL	LCG	KG	ESCORA	RA	TCB	VCB	CALADO	TRIM
1082.920	-1.920	4.11	0.000	0.000	0.000	2.796	4.481	0.546
			10.000	0.098	0.326	2.825	4.484	0.625
			20.000	0.208	0.656	2.916	4.480	0.799
			30.000	0.365	1.011	3.089	4.464	1.052
			40.000	0.460	1.289	3.289	4.495	1.494
			50.000	0.444	1.459	3.466	4.616	2.160
			60.000	0.356	1.560	3.620	4.858	3.199
			70.000	0.232	1.625	3.766	5.342	5.342
			80.000	0.091	1.660	3.910	6.916	10.971

## Condición 2 (Salida de puerto con las bodegas vacías)

Detalle de pesos presente en la embarcación.

### CONDICIÓN 2

Condición	Item	Descripción	Centro de Gravedad			Momento		
			Peso	LCG (X)	VCG (Z)	MX	MZ	Sup. libre
			Ton	m	m	Ton - m	Ton - m	Ton - m
Desplazamiento en rosca	1	Desplazamiento	590,57	-1,55	4,91	-913,00	2899,38	0,00
Tripulantes abordo	2	18 Tripulantes abordo	1,35	-1,50	7,67	-2,03	10,35	0,00
100% de provisiones	3	Viveres en las Gambuzas	0,80	18,98	5,81	15,18	4,65	0,00
100% combustible	4	Tanque de combustible Nº 1 Proa	26,34	18,41	2,96	484,99	77,98	0,00
100% combustible	5	Tanque de Combustible Nº 2 PR ER	19,76	11,98	0,70	236,70	13,83	0,00
100% combustible	6	Tanque de Combustible Nº 2 PR BR	19,76	11,98	0,70	236,70	13,83	0,00
100% combustible	7	Tanque de Combustible Nº 3 PP ER	11,52	-19,31	3,95	-222,43	45,50	0,00
100% combustible	8	Tanque de Combustible Nº 3 PP BR	11,52	-19,31	3,95	-222,43	45,50	0,00
Lleno con 200 gals.	9	Tanque de Gasolina en PP	0,66	-4,65	5,64	-3,06	3,71	0,00
Lleno con 480 gals.	10	Tanque de aceite para motores S.M	1,51	10,41	0,97	15,70	1,46	0,00
Lleno con 620 gals.	11	Tanque de aceite hidraulico S.M	1,95	13,75	2,77	26,78	5,40	0,00
Lleno con 400 gals.	12	Tanque de aceite hidraulico P.P	1,26	-4,48	5,69	-5,63	7,15	0,00
100% agua dulce	13	Tanque de agua dulce PP ER	9,46	-16,65	3,40	-157,51	32,16	0,00
100% agua dulce	14	Tanque de agua dulce PP BR	9,46	-16,65	3,40	-157,51	32,16	0,00
vacías	15	Bodega Nº 1 Estribor	0,00	5,58	2,35	0,00	0,00	0,00
vacías	16	Bodega Nº 1 Babor	0,00	5,58	2,35	0,00	0,00	0,00
vacías	17	Bodega Nº 2 Estribor	0,00	2,11	2,35	0,00	0,00	0,00
vacías	18	Bodega Nº 2 Babor	0,00	2,11	2,35	0,00	0,00	0,00
vacías	19	Bodega Nº 3 Estribor	0,00	-1,54	2,36	0,00	0,00	0,00
vacías	20	Bodega Nº 3 Babor	0,00	-1,54	2,36	0,00	0,00	0,00
vacías	21	Bodega Nº 4 Estribor	0,00	-5,37	2,38	0,00	0,00	0,00
vacías	22	Bodega Nº 4 Babor	0,00	-5,37	2,38	0,00	0,00	0,00
80% de Salmuera preparada	23	Bodega Nº 5 Estribor	52,56	-10,86	2,67	-570,80	140,33	0,00
80% de Salmuera preparada	24	Bodega Nº 5 Babor	52,56	-10,86	2,67	-570,80	140,33	0,00
Vacia	25	Bodega Nº 6 Estribor	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vacia	26	Bodega Nº 6 Babor	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
500 sacos de sal	27	Sacos de sal en parque de pesca	25,00	0,24	5,78	6,00	144,50	0,00
speed boat	28	Peso de speed boat 1	0,70	4,28	8,59	3,00	6,01	0,00
speed boat	29	Peso de speed boat 2	0,70	-5,50	8,59	-3,85	6,01	0,00
Abordo	30	Peso de la Panga	14,00	-19,55	7,04	-273,70	98,56	0,00
Abordo	31	Peso de la Red	28,00	-12,58	8,82	-352,24	246,96	0,00
		<b>Desplazamiento Total</b>	<b>879,43</b>		<b>Momentos Totales</b>	<b>-2429,94</b>	<b>3975,78</b>	<b>0,00</b>

GEI	0,000	m	
VCG	4,521	m	(desde línea base)
VCG corregido	4,521	m	(desde línea base)
LCG	-2,763	m	(desde sección media)
			(+)proa, (-) popa

Tabla XI.- Detalle de pesos a bordo de la embarcación para condición 2.

Conociendo el desplazamiento, LCG y VCG de la tabla de detalles de pesos, se uso el programa SHCP , [5], para calcular el calado en esta condición.

EMBARCACION : B/P DONA MARUJA

NUMERO DE SERIE : 1

FECHA : 01/09/10

CURVAS DE ESTABILIDAD ESTATICA INTACTA

DESPL	LCG	KG	ESCOR	RA	TCB	VCB	CALADO	TRIM
879.430	-2.760	4.52	0.000	0.000	0.000	2.485	3.850	1.397
			10.000	0.037	0.390	2.520	3.841	1.411
			20.000	0.083	0.778	2.625	3.824	1.530
			30.000	0.169	1.179	2.816	3.777	1.761
			40.000	0.254	1.543	3.076	3.665	2.166
			50.000	0.222	1.779	3.318	3.527	2.897
			60.000	0.106	1.923	3.532	3.357	4.080
			70.000	-0.049	2.013	3.736	3.092	6.329
			80.000	-0.216	2.062	3.937	2.416	12.866

## Anexo H

### Cálculo de esfuerzos aplicando la Teoría de Plancha de Timoshenko.

Asumiendo al panel de planchaje del fondo como uniformemente cargado, se va a calcular los esfuerzos de flexión, como muestra en la Figura 46.

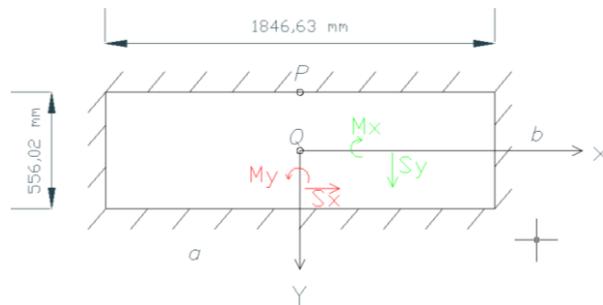


Figura 46.- Planchaje del fondo con sus 4 bordes empotrados.

En la Tabla 30, se presenta las variables, para el cálculo de los esfuerzos en las posiciones de la plancha.

Condición	Posición	q kg/cm <sup>2</sup>	a cm	b cm	t cm	M kg - m	Esfuerzo kg/cm <sup>2</sup>
Empotrado	Centro de la Plancha	0,39	55,60	184,60	0,80	50,62	471,64
	Borde de la plancha	0,39	55,60	184,60	0,80	-101,12	-942,14
S. Soportado	Centro de la Plancha	0,39	55,60	184,60	0,80	151,75	1413,78

Tabla XXX.- Valores de Esfuerzos en la plancha por la Teoría de Timoshenko.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] **Varadero Maridueña**, Proyecto de Alargamiento del Buque “Doña Maruja”. Guayaquil, 2009.
- [2] **Computers and Structures, Inc. Sap2000**. Linear and Nonlinear Static and Dynamic Analysis and Design of Three-Dimensional Structures, Version 14.
- [3] **C.C.Hermosilla, Autocad 2006**, Manual práctico. Web: Copia gratuita del manual disponible en <http://www.santacompanha.org>
- [5] **SHCP**, Users Manual. Naval Ship Engineering Center, 1976.
- [6] **DET NORSKE VERITAS**, Rules for classification of Steel for Ships with Length Less than 100 metres, 1991.
- [7] **Marín, J.**, Estructuras Navales II, Notas de Clases. Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar-ESPOL, 2006.
- [8] **CINAMAC**, Plano de líneas de formas del BP DOÑA MARUJA. CINAMAC, Guayaquil, Octubre 2009.
- [9] **CINAMAC**, Plano de Distribución General del BP DOÑA MARUJA. CINAMAC, Guayaquil, Octubre 2009.
- [10] **CINAMAC**, Plano de Capacidades BP del DOÑA MARUJA. CINAMAC, Guayaquil, Octubre 2009.
- [11] **CINAMAC**, Plano Estructural del BP DOÑA MARUJA. CINAMAC, Guayaquil, Octubre 2009.
- [12] **CINAMAC**, Libreto de Estabilidad del BP DOÑA MARUJA.
- [13] **Sr. Ángel Díaz**, Conversación personal con el armador.

- [14] **Macas F**, Análisis Estructural de la Embarcación Fluvial Samaria Utilizando el Método de Elementos Finitos, Tesis de Grado 2006.